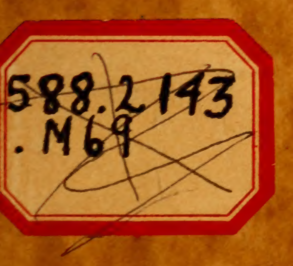


Monographie des Leuchtmooses
(Schistostega osmundacea Web.
et Mohr) 1921.



Monographie des Leuchtmooses

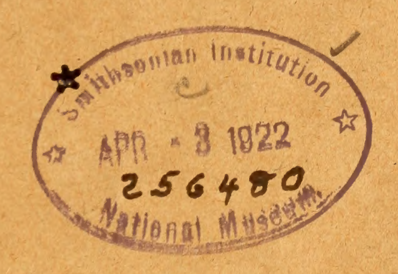
(Schistostega osmundacea Web. et Mohr)

*

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu
Frankfurt am Main

*



Vorgelegt von Kurt von der Dunk aus Elberfeld

1921

Meinen Eltern gewidmet.

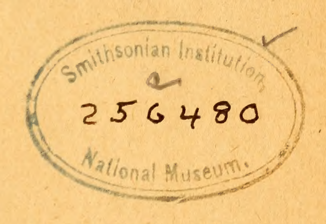
Monographie des Leuchtmooses

(Schistostega osmundacea Web. et Mohr)



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu
Frankfurt am Main





Vorgelegt von Kurt von der Dunk aus Elberfeld

1921

Referent: Geheimrat Möbius.

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Dezember 1921.

Inhalts-Angabe.

1.

Eine Monographie soll es sein, die ich in meiner Arbeit bringen will. Darum habe ich versucht, alles, was über das Leuchtmoos schon bekannt war und was meine Untersuchungen Neues gebracht haben, zusammenzutragen, um ein möglichst vollständiges Bild des Mooses entwerfen zu können. — Allen, die mich bei meinen Arbeiten unterstützt haben, sei es durch Suchen von Literatur oder durch Geben von nützlichen Ratschlägen, sage ich an dieser Stelle meinen besten Dank. — Bei einer Fülle von Stoff, wie sie mir bei der Arbeit vorlag, ist es klar, daß ich nicht alles habe bis ins Kleinste feststellen und verfolgen können, und ich mußte mich manchmal mit Hinweisen auf Literaturangaben oder mit Analogieschlüssen begnügen. Meine Untersuchungen erstrecken sich auf ein Jahr und wurden vorgenommen zum Teil im Freien, zum andern Teil im botanischen Institut an frischem Material, das mir in großer Menge zur Verfügung stand. Es stammte aus dem Bergischen Land, wo das Leuchtmoos am Laufe der Wupper südlich von Elberfeld üppig gedeiht. — Das Moos ist die Freude jedes Naturliebenden und mancher Bryologe würde etwas darum geben, wenn er es selbst sammeln könnte. — Wer es gesehen hat, dieses geheimnisvolle, grüne Leuchten, das aus dem Dunkel kleiner Höhlungen dem Beobachter entgegenstrahlt, vergißt es nie mehr. Das Volk hat wohl schon lange den Glanz gekannt, dessen Seltsamkeit sich noch durch die Erfahrung erhöhte, daß man nur Erde in der Hand hatte, wenn man etwa versuchte, etwas von dem grünen Gold herauszuholen. Es ist möglich, daß durch das Leuchtmoos viele der alten Sagen entstanden sind, die uns von Schätzen in Höhlen berichten, die von Zwergen gehütet werden, wenngleich dabei auch Kristalle und andere anorganische Ursachen gleiche

Rollen spielen können. Der Erste, der die Ursache des Glanzes erkannte, war Bridel, der in seiner Bryologia universa von 1826/27 (4)*) eine Alge beschreibt, die den eigenartigen Glanz verbreitet, den man an den von der Schistostega bewohnten Stellen bemerkt. — Er nennt die Alge Catopridium smaragdinum. — Eschweiler, der gleichzeitig lebte, bezeichnet die kleinen leuchtenden Kügelchen als die Monde der Mooswelt, die durch den Lichtreflex das der Schistostega zum Leben notwendige Licht geben sollen (Hübener, Muscologia germanica p. 66.) (5) Erst F. Unger erkannte die „Alge" als den Vorkeim des Leuchtmooses (1834) und gab auch die richtige Erklärung für das Leuchten, das auf Lichtreflex und nicht auf Eigenlicht beruhe. Trotzdem blieb es noch lange unklar, wie der Effekt zustande kommt, bis es gleichzeitig Noll (12) und Vuillemin (11) feststellten (1887). Das Moos selbst wurde zuerst von Dickson und Newberry in Devonshire entdeckt, die es 1785 in dem fasc. 1 plantt. cryptog. p. 3, t. 1, f. 4 unter dem Namen Mnium osmundaceum bekannt gaben. Ehrhardt fand es wohl gleichzeitig mit ihnen im Harz. Jedoch veröffentlichte er seinen Fund erst später, nach einigen Angaben 1786, nach anderen 1787 unter dem Namen Dicksonia pusilla (Crypt. Dec. VII Nr. 65.). 1787 beschrieb es Hedwig in seinen Descr. I p. 77, A. 29 als Gymnostomum pennatum. 1791 findet sich das Moos als Bryum pennatum bei Gmel. (L.) Syst. nat. II p. 135.— 1796 als Gymnostomum osmundaceum bei Hoffm. D. Fl. II p. 28. Im Jahre 1803 entstand der heutige Name. Mohr nannte es in seinen Obs. bot. p. 26 Schistostega osmundacea und beschrieb es unter demselben Namen mit Weber zusammen im Taschenbuch p. 92. Die Benennung beruht auf einer falschen Beobachtung Mohr's, der gesehen zu haben glaubte, daß der Deckel nach Art eines Peristoms sich spalte. So nannte er das Moos Schistostega, das heißt Spaltdeckel. Es ist zusammengesetzt aus den zwei griechischen Worten: schistos = gespalten und stege = Deckel. Der Name hat sich trotz seiner falschen Grundlage gehalten. Jetzt wäre es zwecklos, wollte man ihn umändern. Schimper sagt dazu (Bryologia europaea Vol. III) (6): „Um nicht die schon überreiche Synonymie der Moose mit

*) Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Nummern des Literaturverzeichnisses am Schlusse der Arbeit.

einem neuen Namen zu belästigen, haben auch wir denselben angenommen, zumal da es doch nicht möglich ist, alle unpassende Namen aus der Wissenschaft auszurotten.“ Der Speciesname osmundacea ist natürlich entstanden im Vergleich des Stämmchens mit den Farnen, von welchen man das Königsfarn Osmunda regalis als Vertreter genommen hat. Von den deutschen Namen hat sich der Name Leuchtmoos vor allen anderen eingebürgert, da er gleich an die Eigenart des Pflänzchens erinnert. — 1818 erschien das Moos noch einmal mit einem andern Speciesnamen als Schistostega pennata in der Muscologia britannica p. 14, t. 8 (Hook. et Tayl.) Seitdem hat man, wie gesagt, den Namen nicht mehr geändert. — Die systematische Stellung ist keinen großen Schwankungen unterworfen gewesen. Zu Anfang stellte man das Moos zu den Gymnostomi, den Nacktmündigen, wo es 1806 bei Bridel (Muscologia recentiorum, Suppl.) (1) als Gymnostomum pennatum bei der Gattung Gymnostomum zu finden ist. 1819 führt Bridel es wiederum unter demselben Namen an in seinem Methodus nova (2). Nees von Esenbeck stellt es 1823 ebenfalls zu den Kahlmündigen zwischen Schistidium und Gymnostomum, aber als selbständige Gattung Schistostega (Bryologia germanica). (3). 1826 nennt Bridel es in seiner Bryologia universa (4) ebenfalls Schistostega. Er reiht es unter die Gymnostomi ein, wo es zwischen Pyramidium und Schistidium seinen Platz findet. In Hübeners Muscologia germanica (5) steht Schistostega zwischen Anoectangium und Hymenostomum in der II. Classis: Gymnostomi. — Darnach tritt eine Aenderung auf. In der Bryologia europaea von 1836—51 reiht Schimper die Schistostegaceae zwischen die Ripariaceae (Cinclidotus) und die Splachnaceae (Oedipodium) als selbständige Familie ein. Die monotypische Gattung wurde also zu einer monotypischen Familie erhoben. Die Nähe der Splachnaceae hat Schistostega dann beibehalten. Allerdings schwankte seine Stellung etwas noch, sodaß z. B. Müller (7) 1853 die Schistostegaceae mit den Fissidentaceae zu den Distichophylla zusammenfaßt und an den Anfang der Acrocarpi stellt. Bei Lindberg stehen die Schistostegaceae zwischen den Bryaceae und den Funariaceae, während die Familie bei Hampe neben Fissidens am Schlusse der Laubmoose unter den Amphocarpi aufgeführt wird. In der Synopsis von 1876 finden wir bei Schimper (10) unser Moos in der heute

gebräuchlichen Stellung, wie sie im Engler-Prantl vertreten wird, zwischen Tetraphis (Georgia) und Splachnum. Ebenso hat Limpricht in der Kryptogamenflora von Rabenhorst 1895 (13) Schistostega zwischen Georgiaceae und Splachnaceae gestellt. Dort ist es stehen geblieben.

2.

Nun zu dem Moos selber! Da ist es zunächst der Vorkeim, der eine Menge interessanter Einzelheiten uns zeigt, auf die näher einzugehen sich lohnt. Das Protonema ist ausdauernd. Es zeigt sich, daß diese Eigenschaft wohl eine Folge der Lebensbedingungen ist, unter denen das Moos wächst. Göbel hat Versuche mit Funaria-Protonema angestellt, das, für gewöhnlich nicht ausdauernd, bei schwachem Licht dazu gebracht werden konnte, sich mehrere Jahre zu halten. Allerdings bildete es durch den Lichtmangel keine Pflänzchen. So kann man sich denken, daß der stets im Halbdunkel wachsende Leuchtmoosvorkeim ebenfalls ausdauernd geworden ist. Dadurch erhält er die Möglichkeit sich weit zu verbreiten und an Stellen des Standortes zu gelangen, deren Beleuchtung auch für die Bildung von Pflänzchen ausreicht. — Während über das gewöhnliche Protonema nichts weiter Bemerkenswertes zu sagen ist, da es sich wie die typischen Laubmoosprotonemen verhält, zeigt es besondere Ausbildungsformen, auf die ich jetzt näher eingehen werde.

Aus dem Hauptfaden des Protonemas, der braune, verdickte Membranen hat, sprossen vor den schiefgestellten Zellwänden die Aeste, die reichlich Chlorophyll führen. Sie verbreitern sich bald an ihrem Ende und bilden eine keulenförmige Zelle (Fig. 1a). Aus dieser sprossen weitere, ähnliche Zellen, die sich ihrerseits wieder am Ende verdicken. Bald entstehen aus diesen verdickten Stellen durch Sprossung rundliche Zellen (Fig. 1b), in denen sich die Chlorophyllkörner an der dem Licht abgekehrten Wand sammeln (Fig. 2). Durch fortgesetzte Sprossung entstehen aus diesen Anfangszellen die **Linsenzellen**, welche die Leuchtwirkung hervorrufen, die das Moos so interessant gemacht hat. Auf den Bau und Zweck der Linsenzellen will ich daher jetzt eingehen. Die geschichtlich bemerkenswerten Daten, die die Linsenzellen betreffen, habe ich schon im Abschnitt 1 besprochen. Wie ich oben erwähnte, haben sich Noll

und Vuillemin mit der Aufgabe befaßt. Vuillemins Arbeit (11) „L'Apparail reluisant du Schistostega osmundacea" erschien 1887. Während sie sich mit der Erklärung der Leuchterscheinung und mit einer Schilderung der Linsenzellen begnügt, bringt die Arbeit Nolls (12) „Ueber das Leuchten der Schistostega osmundacea" in erster Linie die genaue physikalische Erklärung der optischen Wirkung der Linsenzellen. Auf diese Arbeiten, deren Ergebnisse mir eigene Untersuchungen zum größten Teil bestätigten, nehme ich im Folgenden Bezug. Eine einzelne Linsenzelle (Fig. 3) zeigt in ihrer Oberseite eine flach gewölbte Linsenfläche, während die Unterseite nach außen konisch vorgetrieben ist und dadurch einen kegelförmigen Raum am Grunde der Zelle schafft, in dem die Chlorophyllkörner und die Hauptmasse des Protoplasmas mit dem Zellkern gelagert sind. Das Protoplasma überzieht noch als dünner Wandbelag die Zellwand, während der größte Teil der Zelle mit einer wässerigen Flüssigkeit angefüllt ist, die, wie von Noll festgestellt wurde, keine starke Konzentration besitzt. Die Zahl der Chlorophyllkörner schwankt zwischen 3 und 10. Noll gibt als Zahl 4 bis 6 an, doch fand ich oft mehr Chlorophyllkörner. Am häufigsten sieht man 5 bis 7 Körner in den Zellen. Sie liegen, wie schon gesagt, eng beieinander in der unteren Ausstülpung der Zelle. Doch fand ich nicht ein derartiges Zusammendrücken, das fast an Verschmelzen erinnert, wie es Vuillemin in seiner Arbeit erwähnt und in seiner Figur I darstellt. Man muß allerdings sehr schnell die Zellen fixieren, da sonst die Chlorophyllkörner sich zerstreuen und nicht in ihrer natürlichen Lage sich befinden. Darin hat Vuillemin Recht. Trotzdem ich aber ebenso verfuhr, fand ich doch nicht solche Bilder, wie er sie wiedergibt. Man kann stets noch deutlich die Umrisse jedes einzelnen Chlorophyllkornes sehen. (Fig. 4). — Nun zu der Optik der Zellen. Noll hat an einem stark vergrößerten, mit Zeichenprisma aufgenommenen, getreuen Abbild einer Linsenzelle unter Berücksichtigung der Brechungsexponenten von Luft und Wasser genau den Gang der Lichtstrahlen festgestellt und folgendes gefunden. (Fig. 5). Alle auf die linsenförmig gewölbte Oberfläche auftreffenden Strahlen werden so gebrochen, daß sie entweder auf die Chlorophyllkörner, oder aber doch ganz in deren Nähe auf die hintere Wand der Zelle fallen. Die ersteren werden beim Eintritt in die Chlorophyllkörner abermals

gebrochen, sodaß die schon aus der ersten Brechung sich ergebende stärkere Beleuchtung des Chlorophyllapparates noch wesentlich verstärkt wird durch die bedeutend größere Konzentration des Lichts auf die hintere Wand der Chlorophyllkörner. Die Strahlen verlassen dann unter denselben Winkeln wieder die Zelle, sodaß sie annähernd in Richtung der optischen Achse verlaufen. Die andern Strahlen, die zu weit auf die Peripherie der Oberfläche auftreffen und infolgedessen nicht sofort auf die Chlorophyllkörner gebrochen werden, stoßen unter solch stumpfem Winkel auf die nach hinten gehende Kegelwand der Zelle, daß sie nicht aus der Zelle austreten können, sondern total reflektiert werden. Sie gehen durch die Chlorophyllkörner hindurch und durchleuchten diese, treffen auf die gegenüberliegende Wand der konischen Zellerweiterung auf und verlassen die Zelle wieder, indem sie durch die dort erfolgte abermalige Totalreflexion an die vordere Zellwand gelangen und unter Brechung in die ungefähre Richtung der optischen Achse austreten. (Strahl S. Fig. 5). Alle Strahlen werden so in derselben Richtung zurückgeworfen. Kleine Abweichungen treten natürlich auf, spielen aber im Vergleich zur Hauptmasse keine Rolle. Außer der Brechung erleidet das Licht aber auch eine Veränderung der Farbe. Von dem Tageslicht, das doch nur in Frage kommt, passieren die Chlorophyllkörner allein die grünen Strahlen. Sie sind es daher auch, die nur zurückgeworfen werden. Ein beobachtendes Auge sieht deshalb nur ein grünes Licht. — Da aber, wie ich schon sagte, die Strahlen parallel, wie sie ankommen, auch wieder zurückgeworfen werden, das heißt in Richtung der optischen Achse, so kann die Leuchtwirkung nur wahrgenommen werden von einem in derselben Richtung beobachtenden Auge. Sobald man sich zu weit seitwärts bewegt, verschwindet das Leuchten wieder. Die Wirkung der nicht die Chlorophyllkörner treffenden Strahlen (S_1) spielt beim Zustandekommen des Leuchtens eine ganz eigenartige Rolle. Dadurch, daß sie durch die Chlorophyllkörner hindurchgehen, und an der Zellwand gebrochen werden, sieht es so aus, als ob sich die grünen Körner an der hintern Zellwand spiegelten. Noll sagt: „Es wirkt neben der Linse in der kleinen Blendlaterne also noch ein Hohlspiegel, der gleichnamig wirkend die optische Erscheinung bedeutend verstärkt. Es ist dabei der Effekt der Spiegelung größer, als der der einfachen

Brechung." — Daß die Lichtstrahlen überhaupt senkrecht auf die Zellen fallen, liegt daran, daß die Linsenzellensysteme transversalheliotropisch sind. — Sie bilden sich unter diesem Einfluß und durch die Sprossung der Zellen auseinander zu kleinen flächenartigen Gebilden aus, die sich handförmig verbreitern, wie das Fig. 4 zeigt, und die senkrecht zur Lichtrichtung stehen, Je nach der Lage des Untergrundes liegen diese Flächen dem Boden an, oder erheben sich unter jeweils verschiedenen Winkeln von ihm. So sieht man häufig, wie auf einem schräg ansteigenden Boden die Linsenzellenflächen wie Kulissen hintereinander aufgestellt sind, oder wie sie in einem Spalt terassenförmig untereinander stehen. Dadurch kommt es, daß sich dem Auge eine große, scheinbar ganz leuchtende Fläche darbietet, die in Wirklichkeit von vielen, vielen kleinen Flächen zusammengesetzt ist. So fand ich Stellen, an denen ein Raum von mehr als 30 qcm Größe in grünem Licht leuchtete.

Die Ausbildung der Linsenzellen erfordert vor allen Dingen Feuchtigkeit und nicht allzustarke Beleuchtung. Im allgemeinen konnte ich feststellen, daß man das Gefäß mit der Schistostegakultur ruhig dicht ans Fenster stellen durfte, wo es zwar kein Sonnenlicht bekam, aber noch sehr hell stand. Dabei bildeten sich sehr reichlich Linsenzellen, denen sogar eine Bestrahlung durch die Abendsonne nichts schadete. Die obere Grenze ist also sehr weit gezogen. Nach der anderen Seite hin findet man nun einen großen Spielraum. Durch Wegsetzen des Gefäßes vom Fenster bis in die hinterste Ecke des Zimmers erreichte man keinerlei bemerkbare Aenderungen am Protonema. An dunkleren Stellen kommen nur solche in Betracht, an die kein direktes Licht fällt, also etwa an der Schattenseite eines Steines, oder Erdklumpens. Dort unterbleibt die Bildung von Linsenzellen ganz. So hatte ich einmal die Gelegenheit zu beobachten, wie in einer Kultur, die unter dem Fenster im Schatten stand, keine Linsenzellen gebildet waren. Das Protonema braucht unbedingt direktes Licht, wenn es auch nicht sehr stark sein muß. In der Natur findet man ja kaum so starke Helligkeitsunterschiede, wie sie in Versuchen hergestellt werden können. Auch in der finstersten Höhle, die dem Außenstehenden als vollständig dunkel erscheint, ist die Beleuchtung noch so groß, daß die Linsenzellen gut bestehen können. — Jedoch sieht man stets, das nur dort sich das Protonema ausbreitet, wohin noch

das Tageslicht gelangt. Wird etwa ein Stück einer Höhlung von einem überhängenden Erdballen bedeckt, daß es wirklich sehr dunkel ist, so wird man dort niemals Linsenzellen finden.

Als einige Beispiele möchte ich 4 Fundstellen schildern, wie ich sie untersucht habe. — Das erste ist eine größere Höhlung von etwa 1,50 m Tiefe und $^3/_4$ m Höhe. (Fig. 74). Der Eingang war durch Schutt verkleinert, sodaß er höchstens noch $^1/_4$ qm Größe hatte. Dort fanden sich reichlich Pflanzen, ebenso an der Decke und an den Seitenwänden in der Nähe des Eingangs. Zwischen den Pflanzen sah man an freien Stellen überall den leuchtenden Vorkeim. Etwas weiter in die Höhle hinein blieb dieser allein. Dann war der größte Teil der Seitenwände und Decke frei, bis an der Hinterwand wieder einige leuchtende Flecken auftraten. — Der Boden, der von altem Gerümpel, wie Papier, Blechbüchsen und Asche bedeckt war, zeigte weder Pflanzen noch Vorkeim. — Die zweite Höhlung war nicht so groß und besaß nur 30 bis 40 cm Tiefe. Sie war aber durch überhängende Rasenstücke, Farnkräuter und andere Pflanzen ziemlich stark verdunkelt. — Pflanzen fand ich nur sehr spärlich am Eingang. Vom Hintergrund leuchtete es an zwei kleinen Stellen, die durch Lücken vom Eingang noch beleuchtet wurden. — Riesige Flächen Protonema fand ich alsdann an den beiden anderen Stellen. Die eine war die Unterseite des Wurzelwerks eines umgefallenen Baumes, der dicht am Wege lag. Der Helligkeitsunterschied war nicht bedeutend. Ebenso überzog an der vierten Fundstelle das Protonema große Flächen am Abhang eines Berges auf den feuchten Steinen, die nur Schatten erhielten durch den Ueberhang anderer Steine und hauptsächlich durch das Laubwerk der Bäume. Aus diesen wenigen angeführten Beispielen kann man ersehen, daß für die Ausbildung der Linsenzellen keine allzustarke Dunkelheit nötig ist, sondern daß vielmehr eine solche ihre Bildung hemmt. Eine scharfe Grenze läßt sich jedoch nach keiner Seite ziehen, wie ja überhaupt die Begriffe der Helligkeit und Dunkelheit sehr willkürlich und nur schlecht meßbar sind. Auf jeden Fall besteht für die Linsenzellen eine untere und obere Grenze, außerhalb deren die Ausbildung unterbleibt.

Es fragt sich jetzt, welchen Zweck verfolgt die Pflanze mit solchen komplizierten, optischen Apparaten? Das Leuchten ist natürlich, wie auch Noll hervorhebt, nur eine nebensächliche

Erscheinung, die für die Pflanze von keinerlei Bedeutung sein kann, ja die ihr bei etwaigen Schädlingen sogar unangenehm werden könnte, indem sie diese auf das Moos erst recht aufmerksam machte. — Die Bedeutung liegt natürlich in der intensiven Beleuchtung der Chlorophyllkörner, die so kräftiger assimilieren können. Etwas Genaueres über die Bedeutung dieser Einrichtung wird von keinem Forscher angegeben. Sie begnügen sich damit, den Vorgang an sich zu erklären und fügen höchstens noch hinzu, daß es für das Leben der Schistostega an den dunklen Stellen von großer Bedeutung sei. — Ich glaube, daß die Aufgabe der Linsenzellen im allgemeinen überschätzt wird. Ihre Bedeutung liegt nicht in der Ernährung der Pflanzen. Diese können sich selbst erhalten, da sie reichlich Chlorophyll besitzen. Die Bedeutung liegt vielmehr auf dem Gebiet der Fortpflanzung. Treibt der Wind die reifen Sporen in den Hintergrund der Höhlungen hinein, an deren Eingang die Pflanze wächst, so würde das Protonema häufig durch die zu schwache Beleuchtung zu Grunde gehen, wenn es eben nicht die Fähigkeit hätte, sich Assimilationsorgane zu schaffen, die das sie treffende schwache Licht zu konzentrieren vermögen, sodaß sie durch diese Eigenschaft das Protonema ernähren und ihm die Fähigkeit geben, sich bis zum Eingang der Höhlen zu verbreiten und dort neue Pflanzen zu bilden. Das ist meiner Ansicht nach der Hauptzweck der Linsenzellen. Ob sie gelegentlich auch einmal dazu dienen, junge Pflanzen zu ernähren, will ich dahin gestellt sein lassen, weil ich es nicht selbst beobachtet habe. Das Auftreten von Linsenzellen auch an Stellen, wo ein solcher Zweck, wie ich ihn als meine Ansicht schilderte, nicht vorliegt, ist wohl nur eine sekundäre Erscheinung, die weder für das Protonema und erst recht nicht für die Pflanze von irgendwelchem Vorteil sein kann; denn die Pflanzen haben eine so große Assimilationsfläche, daß die winzigen Linsenzellenflächen gar nicht dagegen in Betracht gezogen werden können. Das Protonema, das an solchen Stellen wächst, könnte ebenfalls ohne die Mitwirkung besonderer Organe fortkommen und neue Pflanzen bilden. Wir haben hier einen jener vielen Fälle, wo eine an gewisser Stelle zweckmäßige Einrichtung beibehalten bleibt, obwohl sie an der anderen Stelle bedeutungslos ist.

Die Leuchterscheinung an dem Schistostegavorkeim steht übrigens nicht so isoliert da, als vielfach angenommen wird.

Tafel I.

(Figur 1—27.)

Fig.

1. } Entstehung von Linsenzellen.
2. }
3. Linsenzellen in seitlicher Ansicht.
4. Linsenzellensystem von oben.
5. Konstruktion der verschiedenen Brechungen der Lichtstrahlen innerhalb der Linsenzelle. S' total reflektierter Strahl. Bei t, t Auftreffen des Strahls auf die hintere Wandung der Zelle. P Protoplasma, c Chlorophyllkörner, v Zellsaft.
(Zeichnung nach Noll (12) etwas verkleinert.)

6.—13. Entstehung von Brutkörpern. t die Trennzelle.

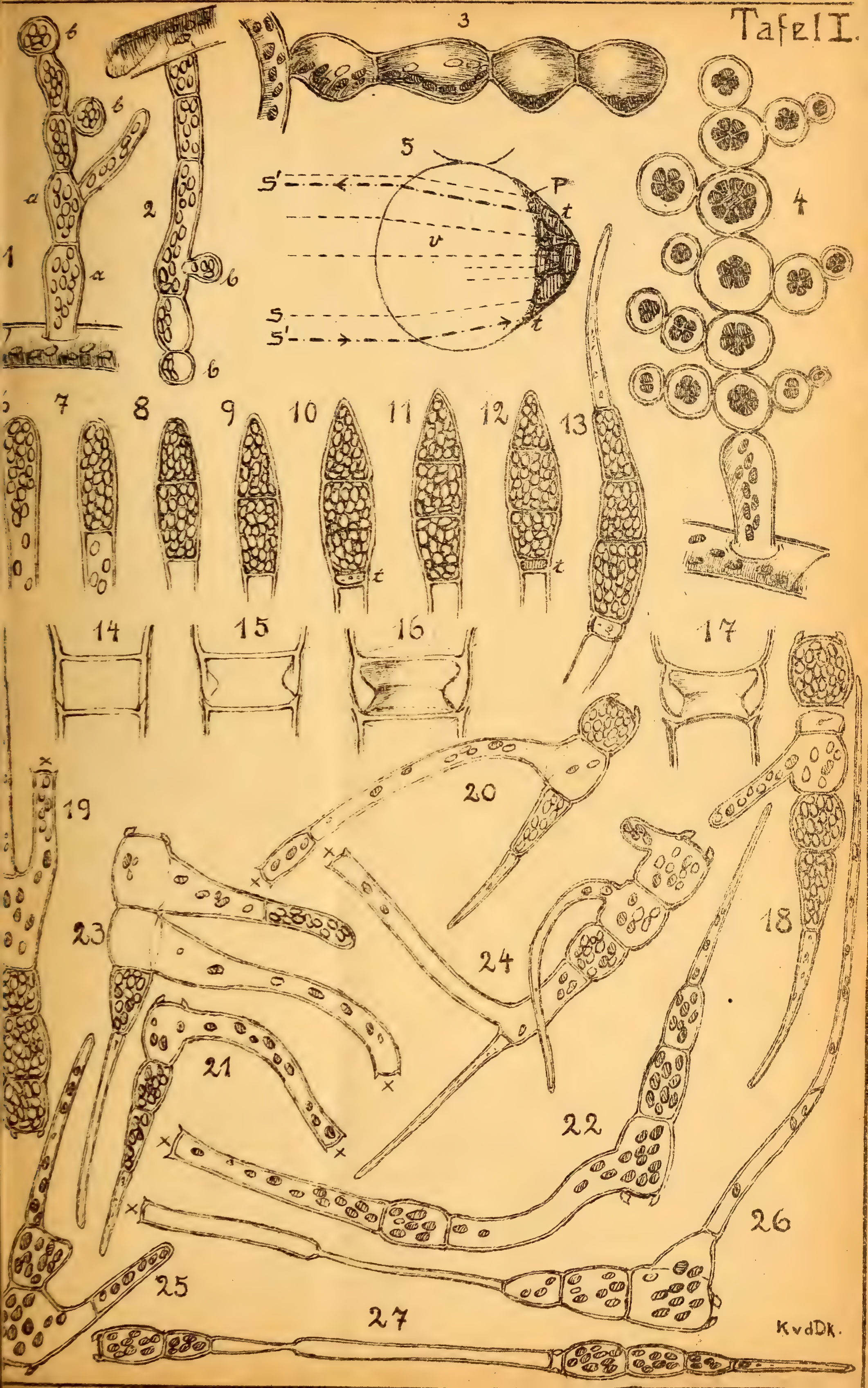
14.—17. Verhalten der Trennzelle bei der Ablösung.

18. Einzelliger Brutkörper. Die Trennzelle hat sich schizolyt abgelöst.
19. Keimung der vorletzten Zelle. An dem Kreuzchen hat die Ablösung eines sekundären Brutkörpers stattgefunden.

20.—22. Weitere Keimungsstadien.

23. Zwei Zellen ausgekeimt.
24. Drei Zellen ausgekeimt. Eine Zelle hat ein der Haarzelle ähnliches Gebilde entstehen lassen.
25. Zwei Zellen ausgekeimt.
26. Keimung der Haarzelle. Die Basiszelle ist zu einem sehr langen, fadenförmigen Gebilde ausgewachsen.
27. Bildung eines sekundären Brutkörpers aus der Keimung der Haarzelle.

Tafel I.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
a
b
P
t
v
s
s'
x
KvdDk.

A. Sapehin, ein Russe, hat bei Pteris serrulata festgestellt, daß das Leuchten des Prothalliums dieses Farns auf denselben Ursachen besteht, wie das der Schistostega. (Bull. Jard. Imp. Bot. St. Petersburg VII, 1907 referiert in den Bot. Jahresberichten 1907, 3 p. 520). Ebenso ist zu erinnern an die Leuchtalge Chromophyton (Chromulina) Rosanoffii, bei der derselbe Effekt auftritt.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Protonemas ist die, **Brutkörper** zu bilden. Bekannt sind sie schon länger. Vuillemin (11) hat sie zuerst gesehen und auch beschrieben. Noll erwähnt sie nur kurz in seiner Arbeit. (12). Erst Correns hat in seinem Buch: Ueber die Vermehrung der Laubmoose 1899 (14) ausführlicher die Brutkörper des Leuchtmooses behandelt. Jedoch sind mir beim Durchlesen dieser wenigen Arbeiten gewisse Unklarheiten und Mißverständnisse aufgestoßen, die ich durch eigene Untersuchungen zum größten Teil beheben konnte. Ich hatte stets frisches Material in genügender Menge zur Verfügung und konnte so alle Stadien der Entwickelung verfolgen und in Zeichnungen festlegen. Die Bedingungen für die Bildung von Brutkörpern scheinen mir nach meinen Untersuchungen vor allem große Feuchtigkeit und nicht allzu große Dunkelheit zu sein. An einem Stein in meinen Kulturen habe ich das besonders deutlich $^{3}/_{4}$ Jahr lang beobachten können. Er lag in feuchtem Torfmoos in einer kleinen Glasschale und befand sich so in einer reichlich feuchten Luft. Er besaß eine dreieckige Gestalt und lag mit einer Spitze dem Licht zugekehrt. Auf seiner Oberseite entwickelten sich neben zahlreichen, kräftigen Pflanzen auch sehr üppig Brutkörper. An den beiden Seitenflächen fanden sich Linsenzellen, zwischen denen hie und da jedoch auch einmal Brutkörper auftraten, was besonders am oberen Rande der Seite geschah. Die Ursache für diese Verteilung ist klar. Die Seitenflächen erhielten nur streifendes Licht, das zur Bildung von Linsenzellen sehr geeignet war. Die Oberseite, die volles Tageslicht bekam, begünstigte die Bildung vieler Pflanzen und neben ihnen die Entstehung von Brutkörpern. Sowie einmal das Torfmoos ausgetrocknet war, unterblieb die Brutkörper- und Linsenzellenbildung ganz, setzte jedoch nach Befeuchten bald wieder ein, sodaß nach wenigen Tagen der alte Zustand wieder erreicht war. Ueber die Zeit der Bildung der vegetativen Fortpflanzungsorgane kann ich nichts Endgültiges sagen. Zuerst

wurde ich auf die Brutkörper im Dezember 1920 aufmerksam. Von da an beobachtete ich sie bis in den August, ja September. Es erscheint mir daher nicht ausgeschlossen, daß das ganze Jahr über bei geeigneten Bedingungen ihre Bildung andauert. Irgend einen periodischen Wechsel habe ich nicht beobachtet.

Nach Vuillemin entstehen Brutkörper nur aus Linsenzellen, während ein Ursprung aus gewöhnlichem Protonema höchstselten der Fall sein soll. Noll erwähnt sie nur in Verbindung mit den Linsenzellen, während Correns nur abgefallene Exemplare untersuchen konnte und daher nichts weiter über ihre Entstehung sagt. Ich fand, daß sowohl aus gewöhnlichen Protonemafäden, als auch aus Linsenzellen Brutkörper entstehen können. Ja, es erscheint mir so, als ob das erstere noch häufiger der Fall sei. Die Entstehung aus Linsenzellen rührt wohl von hellerer Beleuchtung derselben her, die ja nicht plötzlich aufgetreten sein muß, sondern es können sich die Linsenzellen bei ihr schon entwickelt haben und unter fortgesetzt günstigen Lebensumständen auch zur Bildung von Brutkörpern geschritten sein.

Diese geschieht nun auf folgende Weise. Der Protonemafaden zeigt an seinem Ende eine Anhäufung von Chlorophyllkörnern. (Fig. 6). Es bildet sich eine Scheidewand, die die Initialzelle des Brutkörpers vom übrigen Teil des Fadens abtrennt. (Fig. 7). Ich stimme mit Correns darin überein, daß das erreichte Einzellenstadium noch nicht als fertiger Brutkörper betrachtet werden kann, wie das Vuillemin tut. Die Zelle besitzt eine zylindrische bis keulenförmige Gestalt und ist etwa 3 bis 4 mal so lang wie breit. Bald tritt eine neue Teilung in ihr auf. (Fig. 8). Der Körper streckt sich etwas und wird nach vorne zu konisch verjüngt. Dadurch erhält er ein spindelförmiges Aussehen. (Fig. 9). Jetzt kann sich jede der beiden Zellen wieder teilen. Welche den Anfang macht, ist nicht festgelegt. Die obere teilt sich normal in zwei gleichwertige Zellen, während die untere nur eine verhältnismäßig kleine Zelle an ihrem unteren Ende abschnürt, die Trennzelle. Diese kann also schon auftreten, wenn der entstehende Brutkörper erst zwei Zellen besitzt, das heißt also, wenn sich die untere Zelle zuerst teilt. Vuillemin, der gesehen haben will, daß schon im Einzellenstadium die Ablösungszelle gebildet wird, hat sicher falsch beobachtet. Es ist mir bei den vielen untersuchten Beispielen kein Fall vorgekommen, in dem sich die Trenn-

zelle so früh gebildet hätte. Die erste Teilung schafft zwei gleichwertige Zellen, von denen die Basalzelle nur noch die Trennzelle abteilt, im übrigen aber unverändert bleibt, während die obere Zelle sich normal weiter teilt. Fig. 10 zeigt die Trennzelle im Zweizellenstadium des Brutkörpers, während in Fig. 11 dieser schon aus drei Zellen besteht, ohne eine Ablösungszelle gebildet zu haben. In Fig. 12 endlich sieht man diese auch an einem dreizelligen Brutkörper gebildet. Ich meine natürlich den in der Ausbildung begriffenen Brutkörper; denn mit den drei Zellen ist er noch nicht fertig. Die oberste Zelle wird zu einer mehr oder weniger langen Spitze (Fig. 13), die wie ein haarähnliches Gebilde aussieht. Nach Vuillemin entsteht sie erst nach dem Abfallen. Ich fand stets, daß sie noch vorher ausgebildet wird, was auch mit Correns' Ansicht übereinstimmt, der ähnliche haarförmige Zellen an den Brutkörpern von Calymperes beobachtet hat, die auch vor dem Abfallen entstehen. Vuillemin bezeichnet diese Erscheinung schon als Keimung der Brutkörper, womit er zweifellos eine falsche Ansicht vertritt. Er hat offenbar nicht weiter beobachtet und sich mit dem Befund begnügt. Durch die Präparation können sich leicht solche Brutkörper ablösen, die noch nicht ausgewachsen sind und die dann wohl zu der falschen Auffassung geführt haben, die Haarzelle bilde sich erst nach dem Abfallen aus. Die Bedeutung dieses merkwürdigen Gebildes ist nicht geklärt. Correns nimmt an, daß es sich hier vielleicht um eine frühere Keimungsart handelt, wie sie heute noch Orthotrichum besitzt, bei dessen Brutkörpern nur die letzte Zelle unter Durchbrechung der Membran zu Protonema auswachsen kann. Gelegentlich treten beim Keimen der andern Zellen die gleichen haarförmigen Gebilde auf, die kurz bleiben, manchmal aber auch sehr lang werden können. (Fig. 24 u. 26). Ob sie noch eine Funktion besitzen, erscheint mir zweifelhaft. Es sprechen manche Umstände dafür, daß es sich um Rhizoiden handelt, worauf ich weiter unten bei der Keimung noch eingehen werde. Vorerst muß ich auf die Ablösung näher zu sprechen kommen. Es bestehen darüber noch keine genaueren Untersuchungen. Vuillemins Beschreibungen und Abbildungen sind sehr ungenau und stimmen auch nicht miteinander überein. Correns hat, wie ich schon erwähnte, nur abgefallene Brutkörper untersucht und hat daher die Ablösung nicht verfolgen können. Es lag mir also sehr daran, genau

festzustellen, wie diese geschieht. Die Trennzelle, das Tmema, wie Correns sie nennt, scheidet sich also von der unteren Zelle des entstehenden Brutkörpers ab und ist von flacher, scheibenförmiger Gestalt. Ihr Inhalt an Protoplasma, Chlorophyll und Zellkern ist nur sehr gering und desorganisiert mit der Zeit. Manchmal sieht man noch etwas unregelmäßig geformte Substanz im Innern. Das Meiste wird wohl verbraucht für die Bildung einer Wandverdickung, die sich wie ein Ring an die Zellwand anlegt. Dieser Verdickungsring zeigt auf dem Querschnitt eine halbherzförmige Figur. (Fig. 15). Correns hat ihn ebenfalls beschrieben und außer bei Schistostega bei Calymperes und Syrrhopodon in noch stärkerem Maße beobachtet. Diese Wandverdickung bedeckt, wie Correns ebenfalls feststellte, die ganze innere Zellwandung. Sie ist stark lichtbrechend und wird mit Schwefelsäure und Jod blau. Es handelt sich wohl um eine Anlagerung von Zellulosesubstanz. Dieser Verdickungsring bildet sich erst aus, wenn der Brutkörper ziemlich reif geworden ist. Schon vorher zeigt sich in 1/3 Höhe des Tmemas in der Wandung eine von außen oben nach innen unten schräg verlaufende Linie, die spätere Rißstelle. (Fig. 14). Sie ist jedoch nur im optischen Längsschnitt zu sehen. Durch die schräge Lage ist die Linie auf der Außenseite zu fein, daß man sie wahrnehmen könnte. Je stärker die Verdickung wird, um so deutlicher wird die Trennungslinie. Bald sieht man, wie der obere Teil der Tmemawand sich nach innen drückt. (Fig. 16). Die Zelle bekommt dadurch das Aussehen einer Dose mit Deckel. Der am Brutkörper sitzende größere Teil würde die Dose darstellen, während der am Protonema haftende Teil den Deckel bilden würde, der mit seinen Rändern über die Dose hinübergreift. Wie dabei das Zusammenziehen der Wand zustande kommt, ob dabei der Verdickungsring als Zugkraft ähnlich wie ein Gummiring wirkt, weiß ich nicht. Ich konnte es trotz eifrigster Bemühungen nicht feststellen. Bei Zutritt von Wasser geschah die Ablösung fast spontan und es war sehr schwierig, das Präparat so schnell herzustellen und unter das Mikroskop zu legen, um noch einige Brutkörper festsitzend zu finden. Meistens waren es noch nicht ganz reife, auf deren Loslösung man unter Umständen noch stundenlang hätte warten können. — Der Ring muß sich irgendwie zusammenziehen und dadurch die obere Zellwandhälfte von der unteren abreißen. Nach der Ablösung

findet man, daß der am Brutkörper sitzengebliebene Ring eine etwas konische Gestalt besitzt, die nach Correns bei Calymperes noch viel ausgeprägter ist. Vielleicht unterstützt diese Tatsache meine Ansicht. Irgend eine andere Ursache kommt für die Ablösung nicht in Frage. Vuillemin's Ansicht, daß die unterste Zelle des Brutkörpers und die obere Zelle des Protonemas durch Turgordruck sich in das Innnere des Tmemas vorwölben, ist, wie auch Correns schon vermutet, irrig. Ein Druck von der oberen und unteren Seite, der sich auf einen Innendruck auf die freien Wände der Trennzelle übertragen würde, ist durchaus nicht dazu angetan, die Ablösung zu bewirken. Er würde im Gegenteil die obere Zellwandhälfte mit ihrer schrägen Rißstelle erst recht fest an die untere Hälfte andrücken und so eine Ablösung verhindern. Auch sind an allen noch nicht abgelösten Brutkörpern die Zellwände des Tmemas gerade. Erst im Augenblick des völligen Durchreißens der Wandung und der damit verbundenen Aufhebung des Turgordruckes im Innern der Trennzelle wölben sich die beiden Zellwände in das Innere vor, wie ich mehrere Male sehr deutlich feststellen konnte. Aus gleichen Gründen hat ein Ausdehnen der Trennzelle selber keinen Zweck. Ich habe es auch nie beobachtet. Fig. 16 zeigt einen Brutkörper kurz vor der Ablösung, an dem alle genannten Eigenschaften zu sehen sind. Fig. 17 zeigt einen andern nach erfolgter Ablösung.

Die ausgebildeten Brutkörper besitzen durchschnittlich 3–5 Zellen. Je nachdem die Haarzelle lang ist, können es auch noch mehr sein. Bei sehr großen Brutkörpern kommt es häufiger vor, daß die zweitunterste Zelle zu einer neuen Basalzelle wird und sich nach Ausbildung eines Tmemas auf die oben beschriebene Art von der ursprünglichen Basalzelle abtrennt, sodaß auf solche Weise ein einzelliger Brutkörper entsteht (Fig. 18), den auch Correns schon beobachtet hat. Zu erwähnen ist noch, daß bei der unfreiwilligen Ablösung von noch nicht reifen Brutkörpern die Trennzelle nicht zerrissen wird, sondern sich ganz von dem Protonema löst und am Brutkörper sitzen bleibt, zu dem sie gehört. (Fig. 19) Es bleibt am Protonema nur ein kleiner Rand stehen, eben der untere Teil der primären Membran, während die später angelagerte Verdickungsschicht als neue Zellwand funktioniert, da auf sie noch nicht der Riß übergegangen war. Diese Ablösung, die Correns

als schizolyt bezeichnet im Gegensatz zu der rhexolyten Ablösungsweise, bei der die Zellwand vollständig durchreißt, kommt bei vielen andern Brutkörpern gelegentlich auch als Regel vor. Bei Schistostega habe ich sie jedoch nur sehr selten beobachtet.

Ein weiteres sehr interessantes Gebiet bildet die Keimung der Brutkörper. Da bietet Schistostega eine Mannigfaltigkeit, die kaum zu übertreffen ist. Während bei vielen andern Brutkörpern nur einzelne bestimmte Initialzellen vorhanden sind, aus denen Protonema entstehen kann, wobei besonders die Basalzelle und die Scheitelzelle eine Rolle spielen, besteht bei dem Leuchtmoos für jede Zelle die Möglichkeit, auszukeimen. Vuillemin betrachtete das Ausbilden der Haarzelle schon als Keimung, während er den Zweck des Auskeimens der anderen Zellen nur in der Bildung von sekundären Brutkörpern sah. Nun ist es ja klar, daß ein Zellfaden, der, wenn er wirklich noch etwas in die Länge wächst, doch höchstens $^1/_4$ bis $^1/_3$ so dick ist wie ein Protonemafaden, nicht als die normale Keimung angesehen werden kann, wenngleich er vielleicht als eine Reminiszens an einen früheren Keimungsmodus aufgefaßt werden kann (s. o.) Correns hat mit Recht schon darauf hingewiesen, daß sich die Haarzelle kaum oder höchstens als Haarzelle weiterentwickeln kann und daher nicht als Keimung zu betrachten ist. Vuillemin hat zwar die richtige Keimung gesehen, sie aber nicht als solche erkannt. — Wie ich schon sagte, kann jede Zelle des Brutkörpers auskeimen. Ich fand, daß es gleichgültig ist, welche auswächst. Es kann so gut die Basalzelle wie eine der andern sein. Auch die fadenförmige Endzelle kann zu Protonema auswachsen. Es ist allerdings nicht so häufig, woraus sich wohl auch erklärt, daß Correns einen solchen Fall nicht gesehen hat. Eine Bevorzugung irgendeiner Zelle besteht nach meinen Beobachtungen nicht. Correns gibt an, daß die Häufigkeit der Keimung für die Zellen mit ihrer Lage zur Spitze hin abnimmt. Das habe ich nicht beobachtet. Nur findet man die Haarzelle seltener ausgekeimt. Je nachdem, an welchem Ende der Zelle oder auf welcher Seite der Protonemafaden entsteht, erhält er seine Richtung (vergleiche die Abbildungen Fig. 19—26). Eine Regel besteht da nicht. — Fig. 19 zeigt, wie die Keimung in Richtung der Brutkörperachse vor sich gegangen ist. In Fig. 20 und 21 ist dieselbe schräg seitlich gerichtet, während in Fig. 22 der Protonemafaden sich nach hinten gewandt hat. Es können, wie

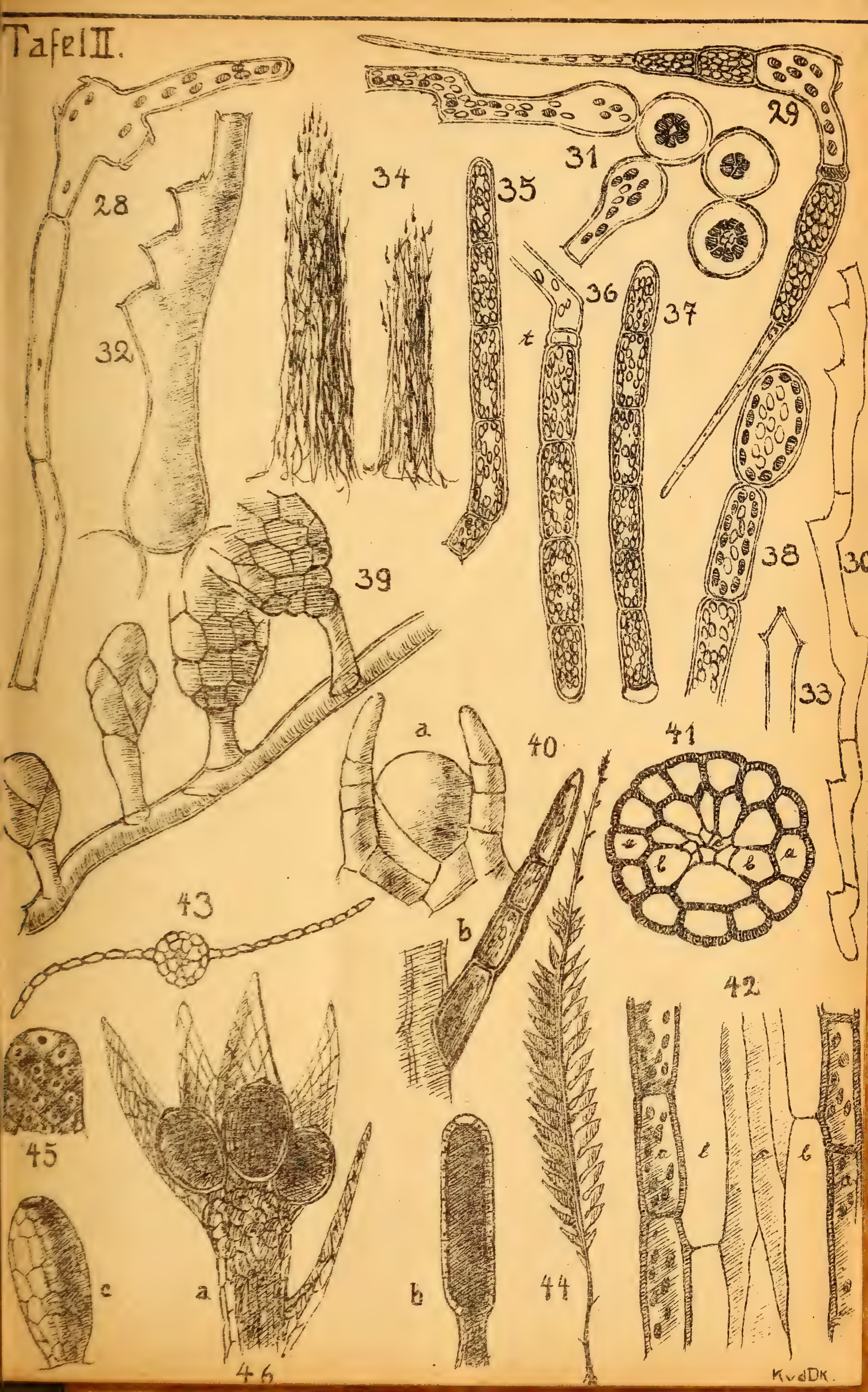
man sehr häufig beobachten kann, mehrere Zellen austreiben (Fig. 23—25). In Fig. 24 hat die zweite Zelle eine fadenförmige Spitze gebildet, wie sie von der letzten Zelle bekannt ist. Ähnliches beobachteten Vuillemin bei Schistostega und Correns bei Calymperes für die Basalzelle. An dieser habe ich es ebenfalls häufiger beobachtet (Fig. 26), doch sieht man aus der Fig. 24, daß dasselbe auch bei anderen Zellen geschehen kann. Diese Tatsache unterstützt wohl die Ansicht von Correns, daß es sich um einen früheren Keimungsmodus handelt (s. o.). Bei der Keimung der letzten Zelle verbreitert sich der dünne Faden plötzlich zu der Dicke des gewöhnlichen Protonemas und wächst so weiter (Fig. 26 und 27). Es entsteht ein ähnliches Bild, wie es Correns in seiner Arbeit von Eurynchium striatum widergibt (p. 415). Ein Rhizoid war dort plötzlich zu Protonema geworden und hatte sich zu dessen Dicke verbreitert. Das war eingetreten, nachdem das Rhizoid von der Pflanze losgelöst worden war. Es wäre sehr gut denkbar, daß wir es bei der Haarzelle mit einem Rhizoid zu tun haben, das zwar kaum noch Funktionen besitzen, aber doch wohl als solches betrachtet werden kann. Für seine Bedeutung, wie sie z. B. in der Ernährung und in der Befestigung liegen könnte, fand ich keine Anhaltspunkte. — Es können aus einer Zelle auch zwei Protonemafäden entspringen, wie ich es z. B. in Fig. 28 für einen einzelligen Brutkörper dargestellt habe, der natürlich ebenfalls die Möglichkeit besitzt, auszukeimen. — Von den zahlreichen Chlorophyllkörnern, mit denen die Brutkörperzellen vollgepfropft sind, wandern bei der Keimung eine große Anzahl in den Protonemafaden. Dieser kann entweder normal weiterwachsen und Linsenzellen bilden, oder aber es entsteht nach kurzem Wachstum an seinem Ende ein sekundärer Brutkörper. Vuillemin gibt dies, wie ich schon oben erwähnte, als Regel an. Das ist es nun zwar nicht, aber der Fall tritt sehr häufig ein. — Es ist oft so, als wenn das Protonema von einer krankhaften Sucht befallen sei, Brutkörper zu bilden. Fig. 27 zeigt einen zweiten Brutkörper am Ende des aus der Haarzelle entstandenen Stücks Protonema. Dasselbe sieht man in Fig. 29 für die Basalzelle. Correns hat bei sekundären Brutkörpern von Zygodon viridissimus f. borealis beobachtet (p. 118), daß sie bedeutend kleiner sind, als die primären. Das habe ich bei Schistostega nicht bemerkt. Die Größe der Brutkörper schwankt zwar ziemlich, doch hängt sie nicht von

Tafel II.

(Figur 28—46.)

Fig.

28. Zweifache Keimung eines einzelligen Brutkörpers.
29. Bildung eines sekundären Brutkörpers.
30. Häufige Bildung von Brutkörpern, deren Narben noch an einem Protonemafaden zu sehen sind.
31, 32. Bildung von Brutkörpern aus Linsenzellen.
33. Narben zweier dicht nebeneinander am Ende des Protonemafadens entstandener Brutkörper.
34. Brutkörper bildende Protonemabüschel.
35.—37. Fremde Brutkörper, die an einem mit Schistostega zusammenwachsenden Moos entstanden sind.
38. Bildung von ovalen Zellen an dem Protonema desselben Mooses, die oft zu mehreren hintereinander entstehen und wohl auch zur vegetativen Fortpflanzung dienen.
39. Entstehung der Stämmchen am Protonema. Bei den beiden Knospen ist deutlich die Scheitelzelle sichtbar, bei der zweiten von links die Anlage der ersten Blätter.
40. a) Bildung der haarförmigen Blätter an einem jungen Sproß.
    b) Altes Haar, das an dem blattlosen Teil des Stämmchens sitzt.
41. Querschnitt des Stengels. c Zentralstrang (Mikrotom).
42. Längsschnitt des Stengels. (Mikrotom).
43. Querschnitt durch einen zweizeilig beblätterten Stengel.
44. Vergeilung an einem Stämmchen.
45. Junges Antheridium längsgeschnitten. (Mikrotom).
46. a) Antheridienstand mit eiförmigen Antheridien.
    b) Walzenförmiges Antheridium.
    c) Entleertes Antheridium.


Tafel II.
28
29
30
31
32
33
34
35
36
t
37
38
39
40
a
b
41
42
43
44
45
46
a
b
c
KvdK.

der primären oder sekundären Natur derselben ab. — Die Ablösungsstellen von sekundären Brutkörpern sind noch an vielen anderen Zeichnungen zu sehen. Ich habe sie mit einem Kreuzchen versehen. Unterhalb einer solchen Abtrennungsstelle wächst der Protonemafaden häufig seitlich aus und bildet bald abermals einen Brutkörper, ohne daß im Protonema eine Wand aufzutreten braucht. Geschieht dies öfter, so kommen jene merkwürdigen Gebilde zustande, wie sie Vuillemin schon widergibt, und wie ich sie in Fig. 30, 31 und 32 dargestellt habe. Fig. 33 zeigt noch, wie zwei Brutkörper dicht nebeneinander am Ende eines Protonemafadens entstanden sind. — Aus alle dem ergibt sich, welch reiche Variationsmöglichkeit besteht. Es wäre daher zwecklos, wollte ich noch weiter davon schreiben. Die Figuren sprechen für sich selber. Sie sind alle nach lebendem Material gezeichnet und in Dauerpräparaten aufgehoben. — Fig. 31 u. 32 zeigen noch die Entstehung von Brutkörpern aus Linsenzellen. Diese wachsen einfach aus und bilden ein flaschenförmiges Gebilde. Der obere Teil füllt sich mit Chlorophyll und wird zum Brutkörper. Der Vorgang ist genau derselbe. Man sieht daran nur, daß auch Linsenzellen wieder zu Protonema werden können, wenngleich ich es anderweitig nicht häufig beobachtet habe; denn sie sterben im Alter meistens ab und erhalten eine braune Farbe.

Es bleibt jetzt noch übrig, einer Eigenschaft Erwähnung zu tun, die die Brutkörper hervorbringenden Protonemafäden betrifft. Sie sind positiv heliotropisch. Noll erwähnt, daß die Brutkörper wie Bajonette über die Fläche der Linsenzellen emporragen, was ja bei der genannten Eigenschaft erklärlich ist. — Es legen sich häufig eine Menge von brutkörpertragenden Protonemaästen parallel nebeneinander und erheben sich in dichten Büscheln über das Substrat (Fig. 34). In ihrem Aufbau erinnern diese Büschel etwas an die Koremien der Schimmelpilze, bei denen sich die fruchtkörpertragenden Myzelfäden in derselben Art zusammenlegen. Die Bündel zeigen deutlich ihren positiven Heliotropismus, indem sie sich zum Licht hinneigen. Sie erreichen eine Länge von 3 mm. —

Correns beschreibt in seinem Buch noch eine zweite Art Brutkörper, die entgegengesetzt den spindelförmigen, oben beschriebenen von stumpfer, zylindrischer Gestalt sind. Er fand diese Art häufiger in seinem Material, gibt aber an, daß es sich

vielleicht um fremde handelt, die einem keine Pflänzchen bildenden Protonema angehörten, das zwischen dem Schistostegaprotonema gewachsen wäre. Genaueres ergaben seine Untersuchungen nicht. Die Ablösungsweise sei dieselbe wie bei den spindelförmigen Brutkörpern. Ich suchte lange nach dieser Art Brutkörper, fand aber an dem Protonema der Schistostega nur spindelförmige gebildet. Schließlich sah ich an einem sehr chlorophyllreichen Protonema, das an manchen Stellen in meinen Kulturen den Boden wie mit grünem Flaum dicht bedeckte, ähnliche Gebilde, wie Correns sie beschrieben hat. Es sind lange zylindrische, stumpfe Brutkörper von 3 bis 7 Zellen Größe (Fig. 35—37). Die Ablösung geschieht, ähnlich wie bei Schistostega. Jedoch scheint mir der Verdickungsring nicht ausgebildet zu sein. Die Durchreißung der Trennzelle erfolgt auch nicht immer an derselben Stelle. Es bleiben am Brutkörper oft größere Stücke hängen (Fig. 37). Die schizolyte Ablösungsweise kommt häufig vor. Der Kragen am Protonema zeigt kaum einen Unterschied von dem des Brutkörpers, wie es bei den spindelförmigen Brutkörpern so ausgeprägt ist. Die Keimung erfolgt ähnlich. Oefter sah ich auch Bilder, wie sie etwa Fig. 32 entsprechen würden, wo also unter der Ablösungsnarbe des Brutkörpers vom Protonema, dieses seitlich weitergewachsen war und wieder einen neuen Brutkörper gebildet hatte. Wenn diese Brutkörper mit den von Correns beschriebenen identisch sind, so glaube ich, daß sich Correns geirrt hat, wenn er auch einzelne Brutkörperzellen, (analog Fig. 18 und 28) an diesem Protonema beobachtet haben will. Seine Abbildung zeigt deutlich eine Schistostegazelle mit typischem Verdickungsring, den ich, wie gesagt, an diesen Brutkörpern nicht gesehen habe. Diese von mir beobachteten stumpfen, zylindrischen Brutkörper gehörten, wie ich klar nachweisen konnte nicht Schistostega an. Sondern aus dem Protonema, das ganz anderen Habitus zeigte, da es viel reicher an Chlorophyll, viel mehr verzweigt war und vor allem keine Linsenzellen ausbildete, kamen Pflänzchen hervor, die in die Familie der Dicranaceen gehören. Ich konnte leider weder Gattung noch Art feststellen, da die Pflänzchen zu jung waren, vermute jedoch eine Campylopusart dahinter. An dem Protenema bildeten sich öfter noch rundliche bis ovale Zellen aus (Fig. 38), die sich loslösten. Ob es sich dabei um eine andere Art

Brutkörper handelt, kann ich nicht sagen. Vielleicht können die Angaben dazu dienen, die Art des Mooses zu bestimmen.

Damit wäre das Protonema mit seinen Eigentümlichkeiten besprochen. Ich gehe nunmehr zur Besprechung der Moospflanze über.

3.

Im Dezember, wenn die alten Pflanzen braun geworden sind, beginnt die Bildung von neuen Kospen am Protonema. Ueberall aus dem braunen Rasen sprossen junge, blaugrüne Pflänzchen empor. Es bilden sich zwar das ganze Jahr über weitere Knospen, aber ihre Zahl ist nicht so groß, daß sie so ins Auge fallen, wie in der Hauptwachstumszeit im Dezember. Die Knospen stehen an kurzen Seitenzweigen des Protonemas (Fig. 39) und finden sich oft zu mehreren dicht nebeneinander, sodaß es schwer ist, ihre gesonderte Entstehung festzustellen. Das hat früher schon zu Irrtümern geführt, indem Schimper in seiner Bryologia (6) schreibt, daß die Stämmchen sich gleich nach ihrem Entstehen verzweigen. Diese Behauptung ist ihm von Leitgeb (8) und Göbel (18) widerlegt worden, Letzterer hat die Verhältnisse genau untersucht und nimmt an, daß den jungen Pflänzchen aus dem alten assimilierte Stoffe zufliessen, die sie so im Wachstum fördern. Dieser Ansicht schließe ich mich an, da sie mir sehr einleuchtend erscheint. Das dicht-beieinander-Entstehen ist auch die Ursache für das gesellige Wachstum des Mooses und ruft den dichten Rasenwuchs hervor, wie auch Göbel schon bemerkt. — Das junge Stämmchen wächst mit dreischneidiger Scheitelzelle. Schon bald zeigen sich am Vegetationspunkt die ersten Blattanlagen, die man an Sprossen von 0,3 mm Größe schon stets findet. Es ist natürlich einleuchtend, daß die Bildung von Blättern verzögert oder beschleunigt werden kann durch alle möglichen Verschiedenheiten in den Wachstumsbedingungen. — Die ersten Blätter bestehen aus einer Zellreihe und sehen wie Haare aus (Fig. 40 a, b). Die Endzelle wird meistens ziemlich lang wie ein Finger und besitzt eine verdickte Membran an der Spitze. Diese Blätter legen sich parallel dem Stämmchen an und schützen den Vegetationspunkt. Sie sind verhältnismäßig rasch ausgebildet, während die andern, späteren Blätter zwar auch schon früh angelegt werden, aber erst zur Ausbildung gelangen, wenn das Stämmchen sich ge-

streckt und eine Länge von 2—3 mm erreicht hat. Die ersten haarförmigen Blätter bleiben zerstreut an dem unteren blattlosen Teil des Stämmchens stehen. Ihre Zahl ist sehr gering und beträgt höchstens drei. Oft fallen sie später ab und das Stämmchen erscheint im unteren Teil ganz nackt. — Gelegentlich können im späteren Wachstum bei Vergeilungserscheinungen dieselben Blätter wieder auftreten, wenn das Stämmchen durch ungünstige Bedingungen gezwungen wird kleinblättrig zu bleiben. Gemäß der dreischneidigen Scheitelzelle entstehen die Blätter nicht in zweizeiliger Stellung, wie sie am ausgebildeten Stämmchen zu sehen sind, und es ist das Verdienst Leitgebs, nachgewiesen zu haben, wie diese spätere Stellung zustande kommt. Die Blätter bilden sich in einer Divergenz, die größer als $^1/_3$ und kleiner als $^1/_2$ ist. Sie sind anfangs horizontal angeheftet und gelangen durch eine Streckung der Segmente erst später allmählich in die vertikale Stellung. Es wird immer der in der Segmentspirale hintere Rand des Blattes gehoben. Gleichzeitig führt das betreffende Stengelglied eine Drehung im Sinne der Spirale aus, wodurch die Blätter in zweizeilige Anordnung zu stehen kommen. Es ergibt sich daraus, daß auf der einen Hälfte des Wedels alle Blätter dem Beschauer ihre Oberseiten und auf der anderen Hälfte ihre Unterseiten zukehren. Das fällt bei der vollständig homogenen Ausbildung der Blätter, die aus einer einzigen Zellschicht bestehen, nicht weiter auf. Da die Segmentspirale nicht immer gleichgerichtet ist, und man rechts- und linksläufige Spiralen findet, so kann man nicht stets sofort sagen, welche Hälfte des Wedels die Oberseite und welche die Unterseite der Blätter zeigt. Bei rechtsläufiger Spirale z. B. kehren die Blätter der linken Hälfte ihre Unterseiten dem Beschauer zu, während die der rechten Hälfte ihre Oberseiten zeigen. Soviel über die Blattstellung. Bei der anatomischen Untersuchung sieht man auf dem Querschnitt des Stengels (Fig. 41) einen deutlich ausgebildeten Zentralstrang. Ihn umgeben eine Reihe großer Zellen, deren Seiten- und Außenwände meistens verdickte Membranen besitzen. Um diese legt sich die Außenschicht mit großen, chlorophyllführenden Zellen mit durchweg stark verdickten, braunen Wandungen. Im Längsschnitt (Fig. 42) sieht man, daß die beiden äußeren Schichten mehr oder weniger gestreckte Zellen führen mit annähernd horizontalen Wänden. Der Zentralstrang zeigt zartwandige, prosenchymatische Zellen, die eine

langgestreckte Gestalt besitzen und beiderseits spitz zulaufen. Versuche mit Eosinlösung ergaben einwandfrei, daß der Zentralstrang zur Wasserleitung dient. Die Farbe stieg bei starker Transpiration des Pflänzchens sehr schnell in die Höhe und füllte den ganzen Zentralstrang aus, während in dem umgebenden Gewebe kein Eosin nachweisbar war. — An schwächeren Pflanzen kann der Zentralstrang auch direkt von der Rindenschicht umgeben sein, ohne daß sich noch eine zweite Schicht dazwischen schiebt. — Ueber die Anatomie der Blätter ist wenig zu sagen. Sie bestehen aus großen rhombischen Zellen mit ziemlich vielen Chlorophyllkörnern. Die Blattspreiten sind nicht eben, sondern wie der Querschnitt in Fig. 43 zeigt, gewölbt. Leitgeb wies nach, daß die morphologische Oberseite des Blattes gekrümmt ist, was durch ein stärkeres Wachstum der Unterseite hervorgerufen wird. An dicht zweizeilig beblätterten Stämmchen beobachtet man, daß die Blätter an ihrer Basis miteinander verbunden sind. Das hat seinen Grund darin, daß am Vegetationspunkt sich zwischen zwei aufeinanderfolgende Segmente mit ungeraden Nummern eine Zelle einschiebt, die später die Verbindung zwischen den Blättern einer Seite herstellt. Die ausgebildeten Pflänzchen werden bis zu 1,5 cm groß.

4.

Bei der Ausbildung der Stämmchen zeigt sich ein Dimorphismus zwischen sterilen und fertilen Pflanzen. Beide sind in ihrem unteren Teil blattlos. Jedoch in der Höhe, in der an den gewöhnlichen sterilen Pflänzchen die Ausbildung des Wedels beginnt, dessen Entstehung ich oben geschildert habe, endigt das fertile Pflänzchen meistens mit einem Blätterschopf, in dessen Grund sich die Geschlechtsorgane bergen. Nicht immer zeigt sich die gleiche Bildung und man findet oft, daß dem Blätterschopf einzelne Blätter vorangehen, die entweder wie bei den sterilen Pflanzen vertikal oder aber auch quer inseriert sein können. Oder man findet anfangs bei den fertilen Stämmchen gleiche farnwedelartige Ausbildung, wie bei den sterilen, die erst später in die Beblätterung der fertilen zurückfällt. Wie Leitgeb schon klar gezeigt hat, trifft man alle möglichen Uebergänge zwischen fertilen und sterilen Pflanzen und man kommt zu dem Schluß, daß ein strenger Unterschied in morphologischer

Beziehung zwischen den beiden nicht besteht. Sie verhalten sich vollständig gleichartig in ihrem Wachstum. Erst, wenn an dem einen Geschlechtsorgane auftreten, wirken diese hemmend auf die zweizeilige Ausbildung und lassen einmal das Stämmchen in nicht abgeänderter Weise, d. h. mit spiraliger Beblätterung fortwachsen, oder aber lassen es sein Wachstum mit der Ausbildung des Blätterschopfes beschließen. — Bei der auffälligen zweizeiligen Beblätterung sucht man nach einer physiologischen Erklärung. Die Tatsache, daß die Wedel mit ihrer Fläche senkrecht zum einfallenden Licht stehen, das sie auf solche Weise voll auszunutzen imstande sind, legt die Vermutung nahe, daß das Licht irgend eine Rolle spielt bei der eigentümlichen Bildungsweise der Sprosse. Göbel hat schon nachgewiesen (Org. II) (18), daß die Lichtrichtung nicht die Ursache ist. Denn setzt man die Pflänzchen auf einen Klinostaten, so bleibt die zweizeilige Beblätterung trotz der allseitigen Beleuchtung, erhalten. Bei längerer Dauer des Versuchs tritt zwar Kleinblättrigkeit auf und die Pflänzchen bleiben in der Entwickelung zurück, aber auf die Blattstellung ist die Drehung ohne Einfluß. Ich wiederholte den Versuch und erzielte dieselben Resultate. Die Lichtrichtung ist also ohne Bedeutung für die zweizeilige Blattstellung. Nur bewirkt sie, daß sich der Wedel, einmal als solcher ausgebildet, mit seiner Fläche senkrecht zu ihr einstellt. In Frage kann nur noch kommen die Lichtstärke. Göbel hat ebenfalls gefunden, daß bei schwachem Licht die Blätter in der angelegten Stellung bleiben, und das Stämmchen also spiralförmig beblättert erscheint. Ich fand das Gleiche bei meinen Versuchen. Ich stellte mein Zuchtgefäß in einem Abstande von 1 m vom Fenster eines nach Norden gelegenen Zimmers auf. Dort stand es etwa einen Monat. Es zeigte sich bei noch zweizeiliger Blattstellung Kleinblättrigkeit und ein stärkeres Längenwachstum. Als ich darauf das Gefäß in etwa 5 m Abstand vom Fenster brachte, trat vollständige Vergeilung ein. In einer Woche waren die Stämmchen um 3 mm gewachsen. (Fig. 44). Die Blätter standen allseitswendig und waren sehr klein geblieben. In der Natur kann man Gleiches beobachten an Pflänzchen, die inmitten eines dichten Rasens gewachsen sind, oder sonstwie ungünstige Bedingungen gehabt haben. — Die Pflanzen zeigen dabei eine starke Krümmung zum Licht hin. — Damit ist wohl sicher, daß die Stärke

der Beleuchtung auf die zweizeilige Beblätterung von Einfluß ist.

5.

Von den fertilen Pflanzen will ich zunächst die Antheridienstände besprechen. Sie unterscheiden sich von den Archegonienständen leicht durch die weniger dichte Stellung der Hüllblätter. Auch sind sie es vorzugsweise, an denen sich die meisten Uebergänge zwischen fertiler und steriler Ausbildung finden. — Das erste Antheridium entsteht aus der Sproßscheitelzelle, während die übrigen aus den umliegenden Segmenten hervorgehen. Sie wachsen mit zweischneidiger Scheitelzelle (Fig. 45) und zeigen in ihrer Ausbildung ein normales Verhalten. Sie besitzen eine kurzgedrungene, eiförmige Gestalt. Doch finden sich auch solche von länglich walzenförmigem Aussehen. Zwischen diesen beiden extremen Typen, die ich in Fig. 46 a, b wiedergebe, gibt es alle möglichen Uebergänge. Im allgemeinen kann man als Regel aufstellen, daß die von Hüllblättern umgebenen Antheridien mehr eiförmiger Gestalt und die freistehenden mehr walzenförmig sind. Sie alle sind kurz gestielt und führen in den Wandzellen etwas Chlorophyll. Die Oeffnung geschieht durch das Verquellen einer als Oeffnungskappe funktionierenden großen Zelle. Paraphysen fehlen sowohl den Antheridien- wie auch den Archegonienständen. — Die Anzahl der gebildeten Antheridien schwankt und geht von 3 bis auf 10 hinauf. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß noch mehr vorkommen können. Die Bildungszeit ist nicht bestimmt. Schon sehr früh im Jahr, wenn die jungen Pflänzchen eben die normale Größe erreicht haben, was etwa im März der Fall ist, findet man Antheridien. Im April trifft man bereits sehr viel reife. Dann setzt sich die Bildung fort bis in den Oktober hinein. Ja, ich fand noch im Dezember vereinzelte unausgebildete Antheridien! Das werden vielleicht Ausnahmen sein, doch ergibt sich eine überraschend lange Zeit, während welcher die Neubildung andauert. Aehnliches zeigen auch viele andere Moose. Man fragt sich, welchen Zweck die Pflanze damit verfolgen könnte. Die Archegonien haben ihre bestimmte Reifezeit, die in den Juni bis Juli fällt. Während der Zeit kann also auch nur die Befruchtung erfolgen. Die Entstehung der Antheridien im Frühjahr und Herbst hat daher sicher keinen

einleuchtenden Grund für sich. Es ist das ein Beispiel für die überreiche Verschwendung von männlichen Geschlechtsprodukten, wie sie sich in der Natur so häufig findet. Die Antheridienstände zeigen keine besondere Färbung, wie wir es bei vielen anderen Moosen sehen.

Im Folgenden habe ich eine Tabelle zusammengestellt, aus der sich die Zeit der Entstehung und Reife, die Anzahl der Antheridien und die Art des Stämmchens ersehen läßt.

Zeit	Art des Stämmchens	Zahl der Verzweigungen	Zahl der Antheridien			
			unreif	reif	entleert	Gesamtzahl
IV. 20.	zweizeilig, einfach	—	—	3	—	3
VII. 21	z. T. zweizeilig, einfach	—	—	4	4	8
	einfach	—	3	—	—	3
	verzweigt	3 (4) *	7	—	—	7
	"	3	6	—	—	6
	"	3	6	—	—	6
	Beginn der Verzweigung	1	2	2	2	6
	einfach	—	2	1	—	3
	verzweigt	2	7	1	—	8
	"	4 (7 [8]) *	9	—	—	9
	"	7	7	—	—	7
IX. 20.	einfach	—	—	3	—	3
	"	—	—	7	—	7
	"	—	—	2	—	2
	"	—	—	1	—	1
	"	—	—	5	—	5
	verzweigt	3	3	2	—	5
	"	3	—	8	—	8
	"	4	—	10	—	10
XII. 20.	verzweigt	2	3	—	—	3
	"	12	1	4	—	5
	"	4	—	—	3	3
	"	4	—	—	5	5
	"	3	—	—	2	2
	"	3	—	—	3	3
	"	4	—	—	3	3
	einfach	—	—	—	3	3
	"	—	—	—	2	2
	"	—	—	—	3	3
	"	—	—	—	2	2

* Zahlen in Klammern bedeuten die Anzahl der Zweige nach doppelter () und dreifacher [] Verzweigung.

Aus der Tabelle geht das hervor, was ich oben bereits sagte. Von 63 Antheridien im Juli waren erst 6 entleert und 7 reif, während bei 41 Antheridien im September alle, außer 3, reif waren. Im Dezember finden sich von 34 Antheridien nur 4 unreife und 4 reife. Alle andern sind entleert. Das zeigt, daß die Hauptreifezeit im September liegt. Es sind, wie ich ausdrücklich bemerke, keine Durchschnittszahlen, die ich durch die Beobachtung in der Natur gewonnen habe, sondern es sind willkürlich herausgegriffene Beispiele aus meinen Dauerpräparaten, die keineswegs zu dem Zweck gemacht wurden, sondern die ich erst später daraufhin ansah. Es soll ja auch nicht ein Vergleichen statistischer Zahlen sein, sondern nur eine Angabe, wie die Verhältnisse in den verschiedenen Zeiten liegen. Das eine Präparat aus dem April z. B. ist nicht danach angetan klarzulegen, wie die Reifezustände im April überhaupt sind, sondern soll lediglich zeigen, daß es zu der Zeit schon reife Antheridien gibt.

In der Tabelle habe ich bereits eine Tatsache vorweg nehmen müssen, auf die ich jetzt näher eingehen will, nämlich die **Verzweigungen.** Es wird manchen wunder nehmen, wenn er von verzweigten Schistostegasprossen hört, die allgemein als unverzweigt gelten. Der Erste, der verzweigte Pflänzchen gesehen hat, ist Schimper, der in seiner Bryologia europaea (6) schreibt: „Caules steriles frondiformes et longiores, utrique simplicissimi, rarius unus alterve apice divisus", und weiter im deutschen Text: „Die Pflanzen verzweigen sich schon bei ihrem ersten Entstehen in mehrere, durchaus einfache und nur ausnahmsweise an der Spitze verästelte fruchtbare und unfruchtbare Stengel". Ebenso berichtet er in seiner Synopsis von 1876 (10): „tota planta simplex, rarissime bifurca". Von seinen Abbildungen in der Bryologia geben Fig. 2, 2b und 4 ein gutes Bild für seine Beschreibung. Einige andere Angaben finden sich noch bei K. Müller, Deutschlands Laubmoose (1853) (7): „Stengel einfach, seltener aus den Blattachseln sprossend" und bei Limpricht in Rabenhorst's Kryptogamenflora IV, 2. (1895) (13): „Stengel aufrecht, allermeist einfach", was also nicht ausschließt, daß er auch verzweigt sein kann. Leitgeb zitiert Schimpers Angabe und bemerkt dazu richtig, daß ein Verzweigen der Stämmchen bei ihrem Entstehen wohl nicht stattgefunden hat, wie es ebenso von Göbel festgestellt

wurde. Beide haben eine Zweigbildung überhaupt nicht beobachtet. Ebenso sagt Brotherus im Engler-Prantl nichts über Verzweigungen. — Da ich nun verzweigte Sprosse in großer Anzahl fand, kam mir der Gedanke, daß es sich vielleicht um eine Lokalrasse handeln könnte. Ich untersuchte daraufhin mehrere Herbarien. So das zu Frankfurt, das zu Darmstadt, wofür ich Herrn Geheimrat Schenck an dieser Stelle meinen Dank ausspreche, und das des Herrn Dr. Familler aus Regensburg, der so freundlich war, mir seine Herbarpflanzen zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihm zu Dank verpflichtet bin. Nach kurzer Suche fand ich bereits Verzweigungen. Bei dem Material des Frankfurter Herbariums:

1. In cryptis arenaceis prope Todmorden et Warrington (England) W. Ph. Schimper. Primo vere 1865.
2. Geisa bei Unterbreizbach (Röhn) in Sandsteinspalten. Juni 1869.
3. Schladming (Steiermark) Erdhöhlen, auf Glimmerschiefer. 800 m. Juli 1876. Breidler l.
4. C. Warnstorff: Deutsche Laubmoose. Quedlinburg in Sandsteinhöhlen 150 m. Juni 1879. l. C. Römer.

Bei dem Material des Darmstädter Herbariums:

5. Siegen in Westfalen. In der Aehl in einem alten Schacht. März 1921. l. Schenck.

Aus dem Herbarium des Herrn Dr. Familler:

6. Bayreuth (aus dem Herb. Fr. Arnold)
7. Rusel im Bayr. Wald, 920 m, Juli 1889. Lickleder.
8. Unter Steinen und Erdvorsprüngen an dem Horizontalwege bei Eisenstein (Böhmen), 1000 m, September 1902. Bauer l.

Ich glaube, mit den angeführten Beispielen hinreichend dargetan zu haben, daß es sich bei den Verzweigungen um keine zufällig aufgetretene Abweichungen, sondern um allgemeine Fälle handelt, wie es die zeitlich, geographisch, in der Höhenlage und Untergrund verschiedenen Fundorte auf's deutlichste zeigen. Da eine nähere Beschreibung der Verzweigungen vollständig fehlt, möchte ich bei ihnen etwas länger verweilen und an Hand einer Reihe von Abbildungen ihr Aussehen und ihre Entstehung schildern. — Auffällig ist zunächst einmal, daß die Verzweigungen fast an derselben Stelle des Stämmchens entspringen. Dieses erhält dadurch ein pinselförmiges Aussehen.

Die Achse zeigt oft eine starke Verbreiterung, aus der die Äste hervorgehen. Diese können alle von einem Punkt abzweigen (Fig. 47), oder die Achse kann sich nach und nach in sie auflösen. In dem Fall beobachtet man eine doppelte Verzweigung (Fig. 48). Ja, diese kann sogar dreifach sein. Die Zahl der Äste schwankt zwischen 1 und 12. Das ist die höchste Zahl, die ich fand, womit aber nicht gesagt ist, daß nicht noch mehr vorkommen können. — Ein Sprossen aus den Blattachseln, wie Müller es erwähnt (s. o.), halte ich für ausgeschlossen, was besonders auch aus der weiter unten geschilderten Entstehungsursache hervorgeht. Die Beblätterung der Äste verhält sich geradeso wie die des Stämmchens. Sie kann also von zweizeiliger Ausbildung zu der spiraligen alle Übergänge zeigen. Manchmal treten an den Ästen die Jugendformen der Blätter wieder auf, die aus einer Zellreihe bestehen. — Die Verbreiterung des Stämmchens zeigt auf dem Querschnitt (Fig. 49), wie sich die Achse allmählich in die Äste auflöst. Der Zentralstrang des Stämmchens geht dabei in den der Äste über. Manchmal tritt statt einer unregelmäßigen Verbreiterung eine Verbänderung auf. An solchen Pflänzchen findet man dann die Äste in einer Ebene angeordnet. Ich glaube jedoch, daß es sich dabei um eine sekundäre Erscheinung handelt, die zwar gelegentlich auftritt, aber nicht weiter von Bedeutung ist. Der Grund für die Verzweigung liegt jedenfalls wo anders, wie ich noch schildern werde. Er hindert mich auch von einer Gabelung zu sprechen, bei der die Scheitelzelle sich teilen müßte. Die Untersuchung zeigte vielmehr, daß die Äste aus der Scheitelzelle und den umliegenden Segmenten entstehen. — Die Länge der Äste wechselt. Bald sind sie kurz und tragen an ihrer Spitze einen Antheridienstand (Fig. 47), bald wachsen sie in die Länge und kommen meistens nicht mehr zu der Ausbildung eines solchen; denn die Verzweigungen entstehen erst im Juni, Juli, selten früher. Werden die Äste nun lang, so dauert ihr Wachstum bis Ende November, Anfang Dezember, wo die Stämmchen allmählich absterben. Dadurch verkümmern die Antheridienstände meist, wenn nicht ihre Bildung überhaupt verhindert wird. Sehr auffällig sind bei allen verzweigten Pflanzen eine Menge nackter Antheridien, die zerstreut an der Verzweigungsstelle und an den Ästen verteilt sitzen. Dabei sind sie manchmal ungestielt oder haben kurze bis sehr lange Stiele. Die Gestalt

dieser Antheridien ist im Gegensatz zu den von Hüllblättern umgebenen mehr walzenförmig gestreckt. Es finden sich aber zwischen den zwei extremen Formen viele Übergänge. — Es lag nahe, bei den Antheridien den Grund für die Verzweigungen zu suchen. Das ist es auch, was mich bestimmt hat, die Besprechung der Erscheinung hierher zu setzen, was vielleicht manchem aufgefallen sein wird. Es treten nach meiner Überzeugung Verzweigungen nur an Geschlechtssprossen auf und zwar sowohl an Antheridien- wie an Archegonienständen, auf die ich jedoch erst im nächsten Abschnitt zu sprechen kommen will, da sie sich im allgemeinen einfacher verhalten als die Antheridienstände. Als ich solche im Juli 1921 untersuchte, fand ich plötzlich die Ursache der Verzweigungen, die mir bis dahin noch ziemlich dunkel war. Ich konnte Glied für Glied eine Entwicklungsreihe aufstellen, die ich in Fig. 50 bis 59 wiedergebe. Fig. 50 zeigt einen normalen Antheridienstand von wenigen Hüllblättern umgeben. Die Antheridien sind kurz gestielt. Die Hüllblätter werden spärlicher (Fig. 51), die Sproßachse verbreitert sich (Fig. 52) und oft stehen die Antheridien nicht mehr in einer Höhe (a). Der Stiel eines oder mehrerer Antheridien streckt sich (Fig. 53). Dieser Stiel kann länger werden und statt eines Antheridiums deren zwei tragen (Fig. 54). Damit ist schon die Verzweigung gegeben. Geschieht dies in mehreren Fällen, so kann man sich leicht eine Vorstellung machen, wie eine Verzweigung zustande kommt. Die Zweige können in die Länge wachsen und die Antheridien stehen dann an der Verzweigungsstelle und an den unteren Teilen der Äste zerstreut. (Fig. 55 bis 57). Es treten an den so aus Antheridienstielen entstandenen Ästen auch Blätter auf und sie können vollkommen den Habitus eines unverzweigten Stämmchens erhalten. In Fig. 58 ist keine Astbildung aufgetreten, sondern das Stämmchen ist etwas verjüngt weiter gewachsen, während die Antheridien um es herum gruppiert stehen an der Stelle der ursprünglich endständigen Infloreszens. Das erinnert stark an das Verhalten von Polytrichum, bei dem sehr häufig die Antheridienstände durchwachsen werden. Es ist von Interesse, von ähnlichen Fällen zu hören. So berichtet Göbel (Org. II p. 847) von nackten Antheridien bei Fissidens bryoides var. gymnandrus. Leitgeb hat eine Erklärung für solche Fälle gegeben Er fand nämlich bei Sphagnum, daß Antheridien die Stellen am Stämmchen

einnehmen, an denen sonst die Initialzellen von Seitenzweigen sich befinden. Anstatt, daß diese nun zu Seitenzweigen auswachsen, bilden sie sofort ein Antheridium, das so am Stämmchen sitzend erscheint. In anderen Fällen, z. B. bei Fontinalis, finden sich sehr kurze, reduzierte Antheridienäste. Ahnliche Beispiele führt Göbel noch mehrere an. Unsere Schistostega bietet für die Leitgeb'sche Auffassung eine sehr interessante Stütze. Es liegen offenbar die Verhältnisse umgekehrt. Während bei den angegebenen Beispielen die Reduktion vom Seitenzweig zum Antheridium hinführt, geht sie beim Leuchtmoos vom Antheridium zum Seitenzweig. Das für gewöhnlich unverzweigte Stämmchen erhält durch die Antheridienbildung die Möglichkeit, durch modifizierte Wachstumsweise einer großen Anzahl von Antheridienmutterzellen eine reiche Verzweigung auftreten zu lassen. Bei den Archegonienständen liegen die Verhältnisse einfacher, weil die Zahl der Archegonien höchstens 4 betragen kann und daher nicht so viel Zweige auftreten können. Wie sich eine Verzweigung in kleinerem Maßstabe an einem Zweig wiederholt, zeigt Fig. 59, wo bei a) ein Seitenzweig sich verbreitert hatte, offenbar zu dem Zweck, einen Antheridienstand zu bilden und aus dieser Verbreiterung dann 3 neue Äste entstanden sind, die in der Nummerierung die Zahlen 1, 4 und 5 tragen. Es ist das Präparat zugleich das reichstverzweigte Stämmchen, was ich fand. Eine Einwirkung von äußeren Faktoren auf die Verzweigungen habe ich nicht beobachtet.

6.

So viel über die Antheridien. Bei den Archegonien liegen die Verhältnisse, wie ich schon sagte, nicht so kompliziert. Der normale Archegonienstand (Fig. 60), zeigt nur e i n Archegonium, umgeben von dichtstehenden Hüllblättern, vor denen je ein gegliedertes Haar steht. Öfter findet man, daß bei einzelnen Blättern, die unterhalb des Blätterschopfes stehen, ebenfalls solche Haare sich befinden. Sie bestehen aus farblosen gestreckten Zellen, deren Wände sich im Alter bräunen. Wenn man sie auch nicht als Paraphysen ansprechen kann, so bilden sie doch Vorläufer von solchen. Aus ihnen denkt man sich ja die Paraphysen entstanden. Ähnliche Übergangsformen finden sich nach Göbel bei Mnium und Polytrichum. Chlorophyll habe

Tafel III.

(Figur 47—63).

Fig.

47. Verzweigung von einem Punkt.
48. Doppelte Verzweigung.
49. Querschnitt einer Verzweigungsstelle. (Mikrotom.)
50.—55. Entstehung der Verzweigungen. (Erklärung im Text.)
56.—57. Verzweigungsstellen mit nackten Antheridien am Stämmchen und an den Zweigen.
58. Unverzweigt gebliebenes Stämmchen mit nackten Antheridien an der Stelle der ursprünglichen Infloreszens.
59. Reichverzweigtes Stämmchen mit 12 Aesten. Bei a Entstehung von drei Aesten aus einem primären Ast.
60. Normaler Archegonienstand.
61. Drei Archegonien auf einem Stämmchen.
62. Verzweigter Archegonienstand. Die Verzweigungsstelle liegt in dem alten Stand.
63. Die Verzweigungsstelle liegt an der Verlängerung der Achse.


Tafel III.
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
KvdDk.

ich nur vereinzelt in den Haaren beobachtet. — Im Bau der Archegonien ist nichts Auffallendes zu finden. Das erste Archegonium entsteht aus der Scheitelzelle. Wie das Wachstum vor sich geht, konnte ich leider nicht feststellen, da mir zu der in Frage kommenden Zeit Archegonienstände fehlten. Leitgeb nimmt an, daß sich die Teilungsweise der Scheitelzelle in das Archegonium hinein fortsetzt, ohne daß eine Querwand gebildet wird. Die ausgewachsenen Archegonien sind wie die Antheridien kurz gestielt. Sie bilden sich meistens nur in der Einzahl. Doch findet man auch Stämmchen mit 2 bis 4 Archegonien (Fig. 61). An diesen Stämmchen können dann auch Verzweigungen auftreten, wie ich schon im vorigen Abschnitt bemerkte. Sie sind aber viel seltener als die Verzweigungen der Antheridienstände. Mehr als 2 Aeste fand ich nicht. Nackte Archegonien sah ich ebenfalls nicht gebildet. Bei den verzweigten Exemplaren standen die Archegonien am Ende der Zweige von einem Blätterschopf umgeben (Fig. 62). Die Zweige entstanden entweder direkt aus dem alten Stand (Fig. 62), oder aber bildeten sich erst nachher durch Teilung der Achse (Fig. 63). Es kommen natürlich nur kräftige Pflanzen in Frage, da später bei der Entwickelung der Sporangien viel mehr Nährstoffe verbraucht werden als für die Antheridien. Nur ausnahmsweise kräftige Pflanzen bringen 2 Sporogonanlagen zur Ausbildung (Fig. 71). Die Reifezeit fällt, wie ich schon oben sagte, in den Juni und hält bis Anfang Juli noch an. Dann hat aber die Befruchtung stattgefunden. Die unbefruchteten Archegonien gehen zu Grunde.

Damit wären die Geschlechtssprosse erledigt. Zwittrige Stände fand ich nicht. An einem Antheridienstand sah ich einmal ein Haar gebildet, wie es für die Archegonienstände typisch ist. Jedoch kann es sich um ein reduziertes Blatt handeln, besonders da ein Tragblatt fehlte. Ich glaube wohl nach meinen Untersuchungen schließen zu dürfen, daß Schistostega streng diöcisch ist. In dem Jahr meiner Beobachtungen habe ich wenigstens kein gegenteiliges Beispiel gefunden. Es kommen wohl männliche und weibliche Sprosse aus einem Protonema hervor (Fig. 64). Der Diözismus erstreckt sich also nicht auf das Protonema und damit auf die Sporen, wie das von dem Lebermoos Sphaerocarpus bekannt geworden ist. Die Sporen besitzen gleiche Anlagen. Ein zahlenmäßiges Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen kann man so ebenfalls

nicht feststellen, da ja sowieso nicht an jedem Protonema gleichviel Pflanzen entstehen. —

7.

Die Sporogonentwickelung vollzieht sich zunächst sehr langsam. Im Dezember waren die Embryonen erst 0,6 mm groß. Sie zeigten jedoch schon deutlich einen Unterschied zwischen Kapsel- und Fußteil, wie das an dem freipräparierten Embryo in Fig. 65a zu sehen ist. Der Fußteil ist etwas angeschwollen und besteht aus einem lockeren Gewebe von großen rundlichen Zellen. Er sitzt mit seinem unteren Teil im Scheitel des Stämmchens, aus dem das Sporogon die Nahrung zieht. Umgeben wird er von einer großen Scheide (Fig. 65c), die Spitze wird eingehüllt von der Kalyptra, die der ausgebildeten Kapsel noch aufsitzt (Fig. 65b und Fig. 68b, c). Auf dem Querschnitt durch den Kapselteil (Fig. 66), sieht man das typische Bild, die Quadrantenwände (q), das Endothecium (e) und das Amphithecium (a). Zwischen Kapsel und Fuß schiebt sich ein meristematisches Gewebe ein, das die Bildung der Seta bewerkstelligt. Diese streckt sich im Januar und Februar. Sie ist ziemlich dick, dicker als das Stämmchen und erreicht eine Länge von 4 mm, durchschnittlich 2 bis 3 mm. Die Außenzellage zeigt etwas verdickte Membranen (Fig. 67) und führt wenig Chlorophyll. Im Innern unterscheidet man deutlich einen Zentralstrang (z). Die Seta ist bald rechts bald links gedreht. Ihre Farbe ist bleich grün, oft fast wasserhell. Nach oben geht sie allmählich in die Kapsel über. Eine scharfe Abgrenzung fehlt. Die Kapsel ist im März bis April fertig ausgebildet. Im Mai reifen zwar noch verschiedene, aber in der Hauptsache fällt die Reifezeit in die beiden genannten Monate. Die Dauer der Sporogonentwickelung beträgt demnach 9—11 Monate. Nach Grimme (15) reifen die Kapseln im Mai, die Dauer der Entwickelung beträgt also nach ihm 11 Monate. Nach Krieger (16) 11—12 Monate, nach Arnell (9) in Skandinavien 10—10½ Monate. Sie ist, danach zu urteilen, wohl kaum vom Klima abhängig. Die Kapsel besitzt eine länglich runde Gestalt. Ihre Wand besteht aus collenchymatisch verdickten Zellen (Fig. 69), die unregelmäßig 5 oder 6eckig sind. Spaltöffnungen fehlen. Ebenso ist eine Apophyse, wie aus dem allmählichen Uebergang in die Seta hervorgeht, nicht vorhanden. Zwischen dem äußeren Sporensack

und der Kapselwand findet sich ein Interzellularraum, der besonders im unteren Teil zu sehen ist (Fig. 70i). Er bildet sich bei der Reife aus. Im oberen Teil liegt der Sporensack der Wandung dicht an. Er wird daher oft als gestielt bezeichnet. Das sporogene Gewebe entwickelt sich in normaler Weise. Die Columella besteht aus großen Zellen und reicht bis an die Mündung der Kapsel empor. Bei der Reife verschrumpft sie jedoch bald bis auf $^1/_3$ ihrer Länge, wie das an Fig. 70a an einer fast entleerten Kapsel zu sehen ist. — Ein Ring ist nicht ausgebildet. Was man vielleicht als solchen betrachten könnte, ist, wie schon Hübener angibt (Muscologia germanica p. 65 (5)), die oberste Zellreihe der Kapselwand, die allerdings bei seitlicher Betrachtung einem Annulus ähnlich sieht. Ein Peristom fehlt ebenfalls. Aus dem Grunde hat man das Moos früher zu den Gymnostomi, den Nacktmündigen, gestellt, wie ich in Abschnitt 1 schon erwähnt habe. — Der Deckel besteht, wie die Kapselwand, aus collenchymatisch verdickten Zellen und löst sich leicht ab. Die Mündung ist ziemlich eng und erweitert sich erst im Alter. Vor der Reife führen die Wandzellen Chlorophyll, wodurch die junge Kapsel grün erscheint. Bei der Reifung aber färbt sie sich braun. Wenn der Deckel sich abhebt, quillt die grünliche Masse der Sporen heraus, die in ihrer Farbe an die Sporen der Pellia erinnern. Sie sind ganz glatt (Fig. 72) und etwas länglich rund. Die Verbreitung besorgt der Wind. Irgendwelche Tiere, die dabei in Frage kommen könnten, fand ich nicht. Es spricht dagegen ja auch schon die völlig glatte Oberfläche der Sporen. In den Höhlungen, in denen das Moos wächst, entsteht leicht durch vorbeistreichenden Wind ein Wirbel, der viele Sporen an die Wände und den Hintergrund schleudert, deren Fortkommen ich bereits geschildert habe. Andere werden herausgetrieben und irgendwo in eine andere Höhlung gewirbelt. Ein günstiges Feld für die Verbreitung bieten dabei solche Fundstellen, wie sie im Wuppertal typisch sind. Die Behandlung dieses Themas habe ich in den nächsten Abschnitt über die biologischen Verhältnisse verschoben. — Die Keimung der Sporen erfolgt in normaler Weise, indem die Intine unter Durchbrechung der Exine zu einem Protonemafaden auswächst.

8.

Für die Biologie des Mooses ist es zunächst von Interesse, die Art des Wachstums und die Beschaffenheit der Fundstellen

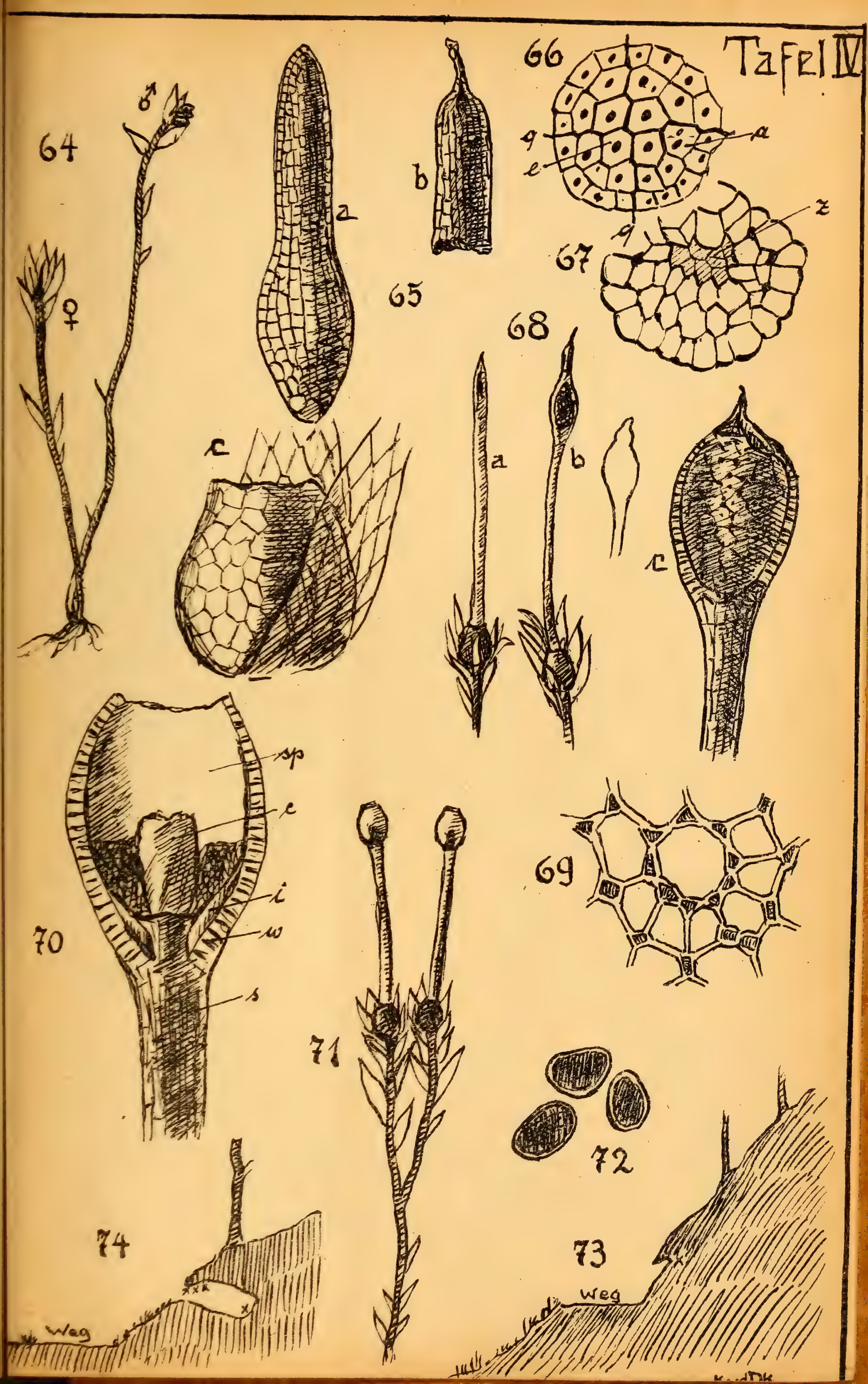
Tafel IV.

(Figur 64—74)

Fig.

64. Männliche und weibliche Infloreszens an demselben Protonema.
65. a) Junges Sporogon frei präpariert aus
    b) der Kalyptra und
    c) der Scheide.
66. Innerer Teil des Querschnitts durch ein junges Sporangium im Kapselteil. q die Quadrantenwände, a Amphithecium, e Endothecium. (Mikrotom.)
67. Querschnitt durch die Seta. z Zentralstrang. (Handschnitt.)
68. a—c Entwickelung des Sporangiums. c reife Kapsel.
69. Kapselwandzellen.
70. Längsschnitt durch die fast entleerte Kapsel. sp Sporensack, c die eingeschrumpfte Columella, i Interzellularraum, w Wandung, s Seta.
71. Verzweigter Sporangienstand.
72. Sporen.

73.—74. Profilansicht von 2 Fundorten. Die Kreuzchen zeigen die Stellen an, an denen das Moos wächst.


Tafel IV
64
♂
♀
65
a
b
c
66
q
e
a
67
z
68
a
b
c
69
70
sp
e
i
w
s
71
72
73
Weg
74
Weg

kennen zu lernen. Alsdann verdienen weitere Beachtung der Einfluß des Wetters, die Bedeutung des Untergrundes und die geographische Verbreitung der Art. Ueber den ersten Punkt, die Art des Wachstums, habe ich schon Verschiedenes im Vorhergehenden gesagt. Bei der Beschreibung der Entstehung neuer Sproßanlagen erwähnte ich, daß das dichte Beieinanderentstehen der Knospen die Ursache des geselligen Wachstums sei. Demzufolge zeigt Schistostega einen typischen Rasenwuchs. Zunächst freilich findet man wenige Pflänzchen zerstreut zwischen dem Protonema stehen. Bald aber kommen neben ihnen neue hervor, sodaß einzelne Büschel entstehen. Diese breiten sich durch weiteres Wachstum aus, bis den Untergrund ein dichtes Polster des weichen Rasens bedeckt. Dieser überzieht nun Wände, Boden und Decke der Höhlung, umkleidet Baumwurzeln und Steine. Die Pflänzchen wachsen genau so gut nach unten, wie seitlich und nach oben, sind also offenbar nicht geotropisch. Dadurch ergibt sich eine reiche Möglichkeit zur Ausnutzung der Standorte. Einige Beispiele für deren Beschaffenheit habe ich schon bei Besprechung der Linsenzellen gegeben. Als häufigsten Typus kann man wohl Wegränder ansehen, an deren Böschung sich durch Rasenstücke, Baumwurzeln u. ä. ein Ueberhang gebildet hat. In Fig. 73 habe ich im Profil einen solchen Fundort dargestellt, wie er im bergischen Land fast ausschließlich vorkommt. In Thüringen beobachtete ich gleiche Stellen. Ebenso werden in der Literatur vielfach Wegränder angegeben. Es ist einleuchtend, daß hier auch die beste Verbreitungsmöglichkeit besteht. Mitten im Wald zwischen den Bäumen herrscht meistens kein solcher Wind, der die Sporen aus einer Höhle in eine andere tragen könnte, während längs eines Weges der Wind freien Spielraum hat, und das Moos sich dadurch bald auf die Länge des ganzen Weges fortpflanzen kann. Außerdem finden sich im Wald und am Bergabhang garnicht so viele Stellen, an denen das Moos Lebensbedingungen hätte. Aehnlich wie Wegränder verhalten sich Bachufer, an denen dieselben Verhältnisse gegeben sind. — In der Art der Höhlungen können natürlich mannigfache Verschiedenheiten auftreten. So sind angegeben Felsspalten, Fuchslöcher, alte Stolleneingänge, hohle Baumstümpfe. Daß nur von Erlenstöcken die Rede ist, erklärt sich wohl einerseits aus dem feuchten Standort derselben, andererseits aus der Eigentümlichkeit, daß die Erlenstämme mit

ihren Wurzeln oft über dem Boden stehen und so kleine Höhlungen bilden, in denen sich das Moos schon ansiedeln konnte. Ich selbst beobachtete es nie, wenngleich im Münchener Staatsherbar sich ein Exemplar aus einem Erlenstock in der Röhn befindet. Im Schwarzatal in Thüringen hat man Schistostega sogar in alten Kellern gefunden (Röll [17]). Ebenso findet man es in Mauerspalten. Bedingung für das Vorkommen ist natürlich das Vorhandensein von etwas Erde und genügender Feuchtigkeit. Gegen allzurasches Austrocknen sind die Pflänzchen durch einen dünnen, wachsartigen Ueberzug geschützt. Er veranlaßt jedoch auch, daß einmal ausgetrocknete Stämmchen sich nur sehr schwer wieder benetzen. Erst bei Behandlung mit Alkohol oder Milchsäure findet eine Befeuchtung statt, Längere Trockenheit, wie wir sie in diesem Jahre hatten, schadet dem Moos daher sehr, sodaß ein späterer Regen garnichts mehr nützt. Die vertrockneten Pflänzchen sterben ab und werden braun. Erst aus dem Protonema entwickeln sich neue Stämmchen. — Gegen Kälte ist das Moos nicht sehr empfindlich. Es genießt durch seinen Standort ja auch etwas Schutz vor scharfen Winden. Eine Bevorzugung irgend einer Himmelsrichtung konnte ich nicht feststellen. Da im Wuppertal die in Frage kommenden Täler alle nach Süden laufen, so fand das Moos sich an den Südwest- bis Südostabhängen. Von anderen Gegenden wird auch von der Bewohnung der Nordseite berichtet. — Für das Vorkommen des Leuchtmooses ist weiterhin von Bedeutung der geologische Untergrund. Besonders Sandstein wird bevorzugt, roter Sandstein in der Rhön und in Thüringen, weißer Sandstein im Harz. Als Unterlage können aber auch dienen Porphyr (Thüringen), Granit (Riesengebirge, Fichtelgebirge), Gneis (Schwarzwald), Basalt (Rhön) und Schiefer aller Art, Urtonschiefer (Fichtelgebirge), Glimmerschiefer (Steiermark), endlich noch Sandstein-Grauwacke (Wuppertal). Kalkhaltige Gesteine werden gemieden. — Bei Betrachtung der verschiedenen Höhenlagen ergibt sich, daß Schistostega das Mittelgebirge bevorzugt, jedoch vom niedersten Hügelland bis in die höchsten Berge hinauf vorkommt. Als höchste Fundstelle fand ich angegeben die Nordseite des kleinen Rachel im bayrischen Wald mit 1380 m. Nahe steht der Altvater mit 1300 m. Darunter kommen alle möglichen Lagen vor. Im Flachland fehlt das Moos. Dagegen findet es sich am Wupperlauf schon in 30—40 m Höhe. Weitere

Daten sind zu ersehen aus der Fundorttabelle, die ich hier einfügen möchte. Ich habe so viel Fundorte, als bekannt waren, zusammengebracht, wobei mich besonders die Listen des Münchener Staatsherbars und des Berliner botanischen Museums unterstützt haben. Für beide sage ich den Vorstehern dieser Institute meinen besten Dank. Ich ließ mich in erster Linie bei der Aufstellung der Tabelle leiten von dem Bestreben, möglichst nur solche Fundorte anzugeben, von denen ganz sicher Exemplare in einem Herbarium zu finden sind. In zweiter Linie berücksichtigte ich natürlich auch die Literatur. Die dort angegebenen Fundstellen nachzuprüfen, war mir selbstverständlich nicht möglich. An manchen der angeführten Stellen ist das Moos heute vielleicht nicht mehr vorhanden. Das festzustellen, würde Jahre in Anspruch nehmen. Ich habe mich daher damit begnügt, hinter jede Angabe das Herbarium oder den Autor zu setzen. Biologische Notizen haben, soweit sie vorhanden waren, ebenfalls Platz gefunden. — Die Ordnung der Fundorte geschah zunächst nach Staaten und innerhalb dieser nach Gebirgszügen oder Provinzen. —

Aus der Tabelle ergibt sich nun Folgendes:

Die geographische Verbreitung des Leuchtmooses erstreckt sich über das ganze gemäßigte Europa von Norditalien bis nach Norwegen und Schweden, von Belgien und Luxemburg bis nach Finnland und Siebenbürgen. Von Rußland und Asien ist nichts über das Vorkommen bekannt. Ebenso fehlen Angaben aus Frankreich. In England und Schottland kommt das Moos reichlich vor. Ueberraschend ist ein Fundort aus den Vereinigten Staaten, wo Schistostega in den Cascade Mountains vorkommt. Andere Fundorte aus Amerika sind mir nicht bekannt geworden. Das Moos scheint daher auf der ganzen nördlichen Halbkugel, soweit sie in die gemäßigte Zone fällt, verbreitet zu sein. Wenn auch Rußland und Asien sich auszuschließen scheinen, so ist das wohl mehr auf ungenügende Durchforschung dieser Länder in bryologischer Hinsicht zurückzuführen.



Fundorttabelle.

Es bedeuten hinter den Angaben:

Ffm. = Herbarium des botan. Instituts in Frankfurt a. Main.
Bln. = Herbarium des botanischen Museums in Berlin.
Mn. = Staatsherbarium in München.
Dstd. = Herbarium des botanischen Instituts in Darmstadt.
Fam. = Herbarium des Herrn Dr. I. Familler aus Regensburg.

A. Europa.

I. Deutschland.

Rheinisches Schiefergebirge:

Sauerland: Im Wuppertal bei Elberfeld, Remscheid, Müngsten und Burg auf Grauwacke in Erdhöhlen, an Wegrändern. 50 200 m. Bln. v. d. Dk. leg. 1919—21.

Rothaargebirge: Bei Siegen im alten Stollen in der Ähl auf Sandstein. Dstd. 1917, 20, 21. Bln. Mn.
Am Lichtenauer Berg bei Willebadessen auf Sandstein in Hohlwegen. Mn.
Dto. in Sandsteinbrüchen. Bln.
Hohlweg bei Tecklenburg. Bln.

Münsterland: Bei Münster (Hedwig, Ehrhardt).

Weserbergland: Im Eggegebirge bei Paderborn (Hedwig, Ehrhardt), am Deister in einem alten Schacht (Wendland), am Süntel (Schlotheuber).

Rhöngebirge: Unterbreitzbach bei Geisa auf Buntsandstein in Spalten. Ffm. (1869), Bln., Mn.
Oberbreitzbach auf Erde in einem hohlen Erlenstock. Mn.
Dto. auf Sandstein. Bln.
Bei Gersfeld in Buntsandsteinspalten. Ffm. (1871), Bln. Mn.
Am ersten Gipfel des Bubenbader Steins. Bln.
Am Bach im Schmalwassergrund auf Buntsandstein. Bln., Mn.
Dietershausen bei Fulda. Bln.
Oberhalb Neu-Glashütte. Bln.
Am Wege vom Wildflecken zum Kreuzberg. Bln.

Bei Oberweißenbrunn am Ufer der Brend in Sandsteinspalten (1875). Mn.
Bei Köthen auf Basalt (Geheeb).

Odenwald: Bei Heidelberg am Wolfsbrunnen. Mn. Bln. (wohl kaum noch vorhanden!)

Rheinpfalz: Bei Zweibrücken (Reinsch).

Saargebiet: Bei Merzig in Höhlen. Bln.
Dillingen bei Lietermont. 1863. Ffm.
Bei Saarburg (F. Winter).

Vogesen: Zwischen Dahn und Bergzabern am Erlenbach. Mn., Bln.
Im Glantale bei Waldmohr. Mn., Bln.
Am Annafelsen beim Weißen See. Bln.

Schwarzwald: Bei Hornisgrinden (Correns).
Linke Seite der Murg bei Gernsbach. Bln.
Im Murgtal gegenüber Schönmünzach (Kemmler).
Bei Gaggenau. Mn.
Am Feldberg auf Gneis (950 m). (Jack).

Harz: Regenstein bei Blankenburg, auf Sandstein. Mn., Bln.
Bei Quedlinburg, 250 m, weißer Sandstein. Mn., Ffm.
Auf Rotliegendem am Kyffhäuser (Röll).
Im Unterharz. Mn.
Im Oberharz. Bln.
Bei Oderbrück. Bln.
Bei Schierke (Ehrhardt, Hampe).
Am Rehberge bei Pyrmont, an der Teufelsmauer.
Am Brocken, bei Braunlage (Ehrhard, Hübener, Hampe).
Zwischen der Weintraube und Giebichenstein bei Halle (Flora von Halle a. d. Saale).
Im Lehmannschen Park bei Halle (Bernau).

Thüringen: Bei Ruhla. Bln.
Theißenstein bei Coburg. Bln., Mn. Einberg bei Coburg (Bridel).
Bei Rudolstadt auf Buntsandstein. Mn.
Bei Oberhof auf Porphyr. Mn.
Auf der Schmücke am blauen Stein auf Porphyr. Mn.
Am Beerberg (Röll). Am Räuberstein (Röll).
Weg vom Beerberg nach Zella auf Porphyr. (v. d. Dk.)
Annatal bei Eisenach (Delitsch).

Liassandstein am Seeberg bei Gotha (Bridel).
Porphyr im Schmalwassergrund vor dem Falkenstein unter dem Felsen zur Linken (Röll). Bln.
Im Frankenwald bei Rothenkirchen und Lauenhein (Jäcklein).
Am Walsbachfelsen vor dem Röllchen im Dietharzer Grund (Röll).
Im Schoßgrund bei Thal (Loeske)
Auf Porphyr im Lanchagrund und im Backofenloch bei Tabarz (Röll).
Im Schwarzatal bei Mellenbach an der Obstfelder Schmiede in alten Kellern (Röll).

Fichtelgebirge: Fichtelnaabtal von Ebnath bis Treversenhammer auf Urtonschiefer und Granit. 500—540 m. Mn., Fam.
Luisenburg bei Wunsiedel. Mn.
Lugsburg bei Wunsiedel. Bln., Mn.
Schneeloch auf dem Ochsenkopf. Mn.

Fränkischer Jura: Auf der hohen Warte bei Bayreuth. Bln., Mn., Fam.
Teufelsloch bei Bayreuth. Mn.
Im Fantaisier-Wald bei Bayreuth. Mn.
Bei Erlangen auf Sandstein: Auf dem Altstädter Berg, auf dem Rathsberg und am Wege vom Ratsberge nach Bubenreuth (Martius).
bei Regensburg zwischen Lichtenwald und Silberweiher nahe dem Wege bei den Schindelmacherhängen. Fam.

Oberpfalz: Bei Vohenstrauß. Mn. Falkenstein. Mn.

Bayr. Wald: Reinklammer bei Klingenbrunn. Mn.
Nordseite des kleinen Rachel 1380 m. Fam.
Bei Rusel. Fam.
Reitersberg 600 m. Mn.
Arberweg hinter Sommerau. Fam.

Erzgebirge: Im Muldetal und an der Zschopau (Limpricht).

Sudeten:

Sächsische Schweiz: Mn. Utewalder Grund. Bl., Mn., Amselgrund. Bln.
Wehlener Grund. Bln. An der Bastei.

Kustall.
Bei Pubisch Thor. Dstd.
Bialagrund. Bln., Mn.
Festung Königstein. Bln., Mn.
In Schluchten der Schrammsteine. Mn.

Oberlausitz: In den Steinkammern bei Bunzlau. 250–320 m.
Bei Dresden im Ottowalder Grund. Mn.

Isergebirge: Wittichhaus zwischen Erstal und Liebwerda. Mn., Bln.
Bei Flinsberg (Cohn).
Bei Reinerz. Mn.
An der Tafelfichte.
Am Wittigberg, am Wege von Weißbach (bei Haindorf) nach dem Wittichhause. Mn.
Auf dem Iserkamm. Bln.
Bei Karlstal (Cohn).

Riesengebirge: Mn., auf Granit und Glimmerschiefer.
Biebersteine u. Eulengrund, Zobten (Cohn).

Glatzer Bergland: Sommertal bei Habelschwerdt und im Heuscheuergebirge (Milde), Wölfelsgrund (Cohn), Schneeberg (Ludwig).
Gesenke bei Karlsbrunn (Ludwig).
Am Altvater, 1300 m (Milde).
Im Polsbruch bei Niesky (Burkhardt).

II. Oesterreich-Ungarn.

Sudeten: Altvater zwischen Ludwigslust und Karlsbrunn. Bln.

Böhmerwald: Am Weg zum „Schwarzen See" bei Eisenstein. Bln., Mn., Fam.
Adersbacher Sandsteinhöhlen. Mn.

Böhmen: Bei Weckelsdorf (Milde), bei Pießnig (Schiffner), Kamnitz (Kalmus).

Niederösterreich: In Erdhöhlen bei Altenmarkt im Ispertal. Mn.
Erdhöhlen am Wegrand im Gößgraben bei Lerben. Mn.

Alpen:

Salzburg: Im Pinzgau. Mn., Bln.
Bei Zell am See. Mn., Bln.
Bei Mittersill auf Schiefer. Mn., Bln.
Mühlbach und Maishofen (Sauter).

Tirol: Sarnerscharte. Bln.
Bei Lienz im Drautal. Mn.
Monte di Pergino presso Trento (Venturi u. Bottini).
Kitzebühel (Unger).
Felsen am Marilaun (Gschnetztal). Bln., Mn.

Kärnten: Liedweggraben bei Teschendorf am Millstädter See. Bln., Mn.
Um Klagenfurt (Melling).
Auf Tonschiefer der Polinigg bei Feldkirchen (Melling).
Am Wörther See (Melling).
Koralpe (R. Graf).
Im Lavanttale (Wallnöfer).
Im Maltatale, 1200 m (Breidler).

Steiermark: Bei Deutsch-Landsberg in der Klause. Mn., Bln. (im Klammental 350 – 450 m).
Obertal bei Schladming auf Glimmerschiefer am Rainweg, 800 – 1000 m. Bln., Mn., Ffm.
Bei Oeblarn im Ennstal. Bln. Um Oeblarn, 800 m (Breidler).
Sulmtal bei Schwaneberg. Bln.
In der Raabklamm bei Weiz. Mn.
Bei Muhr im Lungau. Bln.
Im Tal „Gasengraben" bei Birkfeld, 600 m. Bln., Mn.
Bei Graz u. Leoben, 700—900 m (Breidler).
Judenburg und Neumarkt, Klosterkogel bei Admont, 1200 m (Breidler).

Siebenbürgen: Um Langenthal (Barsch).

III. Schweiz.

Nur von Schleicher in seinem Katalog genannt. (Limpricht).

IV. Italien.

Anzasca-Tal (De Notaris 1865).

V. Luxemburg.

Rochehaut (Delogne).

VI. Belgien.

In Höhlen bei Willerzie. Mn.

VII. England und Schottland.

In Derbyshire (Gibbs in „Naturalist“ 1906).
In Devonshire. Bln.
Bei Barnsley. Bln.
In Cheshire. Bln., Mn.
Chester. Mn.
Bei Warrington in Cheshire. Bln., Mn., Ffm. Buntsandsteinhöhlen.
Bei Todmorden. Bln., Ffm., Mn.
Langfield Moor. Mn.
Schottland (ohne genauere Angabe). Bln.

VIII. Norwegen.

Norwegia, Strinden. Mn.
Bei Christiania. Mn., Bln.

IX. Schweden.

Bei Hoor. Bln., Mn. (Provinz Scania).
Berg Kinnekulle in Westschweden (Blomberg). Bln., Mn.
Bei Stockholm. Bln.
Bosjokloster. Mn.
Dalarne, Leksand. Mn.

X. Finnland.

Fennea merid., par. Nagu, Ernholm
in feuchten Höhlen unter Tannenwurzeln. Bln.
Karelia rossica, Niska, beim See Pääjärvi. Bln., Mn.
Fennia Scanlales. Mn.

B. Nordamerika.

Washington, Cascade Mountains. Upper Valley of the Nesqually.
Unter den Wurzeln umgefallener Bäume. Mn., Bln.



9.

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich noch einige andere Moose erwähnen, die ich mit Schistostega zusammen fand. Da sind es vor allen Dingen 2 Arten, die ich ständig und überall beobachten konnte, wo ich frisches oder Herbarmaterial untersuchte. Als erste ist es die Jungermanniacee Calypogeia trichomanis Corda (Kantia trichomanis (L. S. T. Gray.), die als typisches Begleitmoos anzusehen ist. Sie dürfte wohl ziemlich bekannt sein durch die eigentümliche Stellung der Archegonien, die sich in sackartigen Erweiterungen der Sproßachse befinden. Der Habitus dieses Lebermooses variiert sehr je nach dem Standort. Auf freiem Waldboden wachsende Pflänzchen zeigen eine dichte Beblätterung und sind dunkelgrün. Die Blätter sind schräg inseriert und laufen am unteren Rande an der Achse herab. Sie sind unregelmäßig eiförmig, oben stumpf abgerundet bis zugespitzt, oft auch ausgebuchtet, in 2 Spitzen endigend. Die Blattzellen sind licht, da die Chlorophyllkörner an den Seitenwänden stehen. Die Amphigastrien sind breiter als die Achse und werden durch eine stumpfe Bucht in 2 spitze Lappen geteilt. An den dunklen Standorten ist die Beblätterung viel lockerer bis zerstreut. Die Blätter werden kleiner und neigen mehr zur Ausbildung von Spitzen. Die Farbe ist hellgrün bis bleich. Ich beobachtete das Moos nur steril an den Standorten. Dagegen bildeten sich auf orthotropen Sprossen oft reichlich Brutkörper. Calypogeia wächst mit dem Leuchtmoos bald dichter, bald lockerer untermischt und ich fand es in fast allen untersuchten Rasen. Ebenso verhält sich in der Beziehung eine zweite Art, die zu den Laubmoosen in die Familie der Hypnaceen gehört. Es ist Plagiothecium elegans. Es ist bisher nur steril bekannt, fällt aber sofort auf durch die Bildung von Bruchästchen, die zu 100 und mehr in den Blattachseln entstehen und das Stämmchen wie mit einem lockeren, grünen Flaum umgeben. Die Blätter sind rippenlos und nur an der Spitze schwach gezähnt. Sie zeigen starken Glanz nnd sind von gelbgrüner Farbe. Die Sprosse sind zart und weithinschweifend. Röll (17) gibt in seinem Buch: Die Thüringer Torfmoose und Laubmoose (1915) bei Plagiothecium (Isopterygium) elegans var. nanum ebenfalls an, daß es mit Schistostega zusammen am Seeberg bei Gotha vorkommt. Außer diesen beiden wirklich typischen Begleitmoosen finden sich hier

und da noch einige andere, die ich kurz erwähnen möchte. Geh. Rat Schenck fand bei Siegen Mnium riparium, das durch die rote Färbung des Stämmchens und der Blattrippen kenntlich ist. Ich beobachtete manchmal Pogonatum aloïdes, das in wenigen Exemplaren zwischen den Rasen eingestreut war. Endlich fand sich noch jene Dicranacee, deren Art ich nicht bestimmen konnte, und die die Brutkörper ausbildet, die vermutlich Correns als zur Schistostega gehörig beschrieben hat. Darüber habe ich in Abschnitt 2 ja schon das Weitere erwähnt. Es ist möglich, daß noch andere Moose gelegentlich auftreten können, jedoch sind eigentlich kennzeichnend nur die ersten zwei, auf die ich darum auch hauptsächlich hingewiesen haben möchte.

10.
Zusammenfassung der neuen Ergebnisse.

1.) Die Bedeutung der Linsenzellen wird meiner Ansicht nach stark überschätzt. Sie können höchstens dazu dienen, das Protonema zu kräftigen. Sie entstehen oft ohne triftigen Grund auch an solch hellen Stellen, an denen das Protonema auch ohne ihre Mithilfe fortkommen könnte. —

2.) Schistostega bringt nur spindelförmige Brutkörper hervor. Die von Correns beschriebenen stumpfen, zylindrischen gehören einem anderen Laubmoos an. Die Trennzelle bildet sich im Zwei- oder Dreizellenstadium durch Abtrennung von der unteren Zelle. Die haarförmige Endzelle entsteht schon vor dem Abfallen des Brutkörpers. Die Ablösung erfolgt weder durch eine Ausdehnung der Trennzelle, noch durch eine Ausdehnung der beiden angrenzenden Zellen. Es liegt vielmehr die Vermutung nahe, daß der Verdickungsring durch Kontraktion einen Zug auf die Wandung ausübt und sie zum Zerreißen bringt. Die Rißstelle ist schon vor Ausbildung des Verdickungskörpers vorgezeichnet und verläuft von außen oben nach innen unten. Durch diese Anordnung ist es nicht möglich, daß eine Ausdehnung der Trennzelle oder, was dasselbe bedeutet, der angrenzenden Zellen zu einem Zerreißen führen kann. Zutritt von Wasser beschleunigt die Ablösung sehr. — Die Träger der Brutkörper sind positiv heliotropisch. Die sie hervorbringenden Protonemaäste legen sich dadurch oft zu Büscheln aneinander, die sich aufrecht vom Substrat erheben und zum Licht geneigt sind. Die Brutkörper können entstehen aus gewöhnlichem Protonema und aus Linsenzellen. Die Keimung kann jede Zelle betreffen. Es können oft mehrere Zellen keimen, ja eine Zelle kann mehrmals auswachsen. Bei der Keimung der letzten, fadenförmigen Zelle verbreitert diese sich plötzlich zu der Dicke eines gewöhnlichen Protonemafadens. Die Bildung von sekundären Brutkörpern ist häufig und kann sich oft wiederholen, sodaß sympodienartige Protonemastücke entstehen, wie sie Fig. 30—32 darstellen. Es treten Größenunterschiede bei den Brutkörpern auf, die aber nicht abhängig sind von ihrer primären oder sekundären Natur. Manchmal löst sich die unterste Zelle eines großen Brutkörpers los, indem die zweitunterste die Rolle der Basalzelle übernimmt und

eine Trennzelle bildet. Der so entstandene einzellige Brutkörper kann ebenfalls auskeimen.

3.) Die Anlage von jungen Sprossen geschieht in der Hauptsache im Dezember und Januar, dauert jedoch das ganze Jahr in weniger reichlichem Maße an.

4.) Die ersten 2—3 Blätter bilden sich schon sehr früh und rasch aus und bestehen aus einer Zellreihe. Sie dienen dazu, den Vegetationspunkt zu schützen. Später stehen sie an dem unteren, blattlosen Teil des Stämmchens, oder fallen ab.

5.) Die Untersuchungen über die Blattstellung bestätigen die Ergebnisse der Leitgeb'schen Arbeit.

6.) Das Stämmchen hat einen typischen Zentralstrang, der zur Wasserleitung dient, wie Versuche mit Eosinlösung zeigten.

7.) Die zweizeilige Blattstellung der sterilen Pflanzen ist abhängig von der Lichtstärke und nicht von der Lichtrichtung, wie auch Göbel schon festgestellt hat. Bei starker Dunkelheit traten Vergeilungen auf, und die Pflänzchen zeigten positiven Heliotropismus.

8.) Die Zahl der Antheridien beträgt 3—10. Ihre Gestalt ist keulen- bis walzenförmig. Ihr Bau ist normal. Die Reifezeit erstreckt sich vom April bis in den Oktober, ja Dezember hinein.

9.) Es treten an den Antheridienständen Verzweigungen auf, die, wie deutlich zu verfolgen war, durch modifizierte Wachstumsweise der Antheridienmutterzellen entstanden sind. An der Verzweigungsstelle und an den Ästen treten eine Menge nackter Antheridien auf, die walzenförmige Gestalt besitzen. Die Äste können ganz den Charakter des unverzweigten Stämmchens tragen und an ihrem Ende wiederum Antheridienstände bilden. Sie können sich auch nochmals verzweigen, sodaß die Anzahl der Zweige eine sehr hohe werden kann Ich zählte bis zu 12 Ästen an einem Stämmchen. Ihre Entstehung fällt in den Juni bis Juli. Schistostega bildet hierin ein interessantes Beispiel für die Leitgeb'sche Auffassung, daß die Antheridien die Stelle von Astinitialzellen einnehmen.

10.) Die Archegonien sind normal gebaut, sie sind kurz gestielt. Ihre Zahl beträgt 1—4. Jedoch findet sich in der Regel nur eins ausgebildet. Die Reifezeit liegt im Juni.

11.) Verzweigungen treten an Archegonienständen nicht so häufig auf und sind in der Zahl auch auf 2 (wohl kaum mehr)

beschränkt. Ihre Entstehung ist die gleiche wie die der Antheridienverzweigungen. Nackte Archegonien kommen nicht vor.

12.) Paraphysen fehlen bei Antheridien und Archegonien, doch kann man die mehrzelligen Haare, die zu je einem vor den Hüllblättern der Archegonienstände stehen, als Vorläufer von Paraphysen auffassen.

13.) Die Diözie des Mooses erstreckt sich nicht auf das Protonema und damit auf die Sporen, sondern ist auf die einzelnen Pflanzen beschränkt.

14.) Die Sporogonentwickelung verläuft normal und dauert etwa 8—11 Monate.

15.) Die Seta hat einen Zentralstrang. Die Außenzellwände sind verdickt. Sie ist dicker als das Stämmchen und führt etwas Chlorophyll.

16.) Im Bau der Kapsel zeigten sich keine neuen, unbekannten Tatsachen. Es bestätigten sich die Angaben, wie sie in Rabenhorst's Kryptogamenflora verzeichnet stehen.

17.) Die Sporen sind glatt. Ihre Verbreitung geschieht durch den Wind.

18.) Schistostega besitzt dichten Rasenwuchs.

19.) Hauptsache für das Vorkommen ist Feuchtigkeit und nicht allzu große Helligkeit, — aber auch nicht das Gegenteil! Die Art der Höhlen variiert sehr.

20.) Von Wichtigkeit ist weiter der Untergrund. Dieser kann bestehen aus: Sandstein, Grauwacke, Porphyr, Granit, Basalt, Gneis und Schiefer aller Art.

21.) Die geographische Verbreitung zeigt, daß das Moos in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel vorkommt.

22.) Als Mittelgebirgsmoos geht Schistostega von 30 m bis auf 1400 m hinauf.

23.) Als Hauptbegleitmoose kommen in Betracht: Calypogeia trichomanis und Plagiothecium elegans.

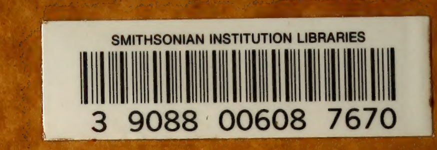
11.

Literaturangabe.

(Die Angaben sind der Zeit nach geordnet).

1. **Bridel**, Muscologia recentiorum. Suppl. P. I. 1806
2. „ Methodus nova Muscorum 1819
3. **Nees von Esenbeck**, Bryologia germanica I. 1823
4. **Bridel-Brideri**, Bryologia universa, 1 u. 2 . . . . 1826—27
5. **Hübener**, Muscologia germanica 1833
6. **Schimper**, Bruch, Gümbel. Bryologia Europaea. Vol. III . . . 1836—51
7. **K. Müller**, Deutschlands Moose 1853
8. **Leitgeb**, Das Wachstum der Schistostega 1874
   (Mitteil. des naturw. Ver. für Steiermark)
9. **Arnell**, De skandinavishe Löfmossornas 1875
10. **Schimper**, Synopsis Muscorum europaeorum. Vol. I. 1876
11. **Vuillemin**, L'appareil reluisant du Schistostega osmundacea
    Journal de L'Anatomie et Physiologie Paris 1887
12. **Noll**, Ueber das Leuchten der Schistostega osmundacea
    (Arbeiten aus dem botan. Inst. in Würzburg, Bd. III) 1888
13. **Limpricht**, Die Laubmoose. (Aus Rabenhorst's Kryptogamenflora,
    2. Aufl., Bd. 4, II. Abt.) 1895
14. **Correns**, Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose
    durch Brutorgane und Stecklinge. Jena. 1899
15. **Grimme**, Ueber die Blütezeit deutscher Laubmoose und die Dauer
    ihrer Sporogonentwickelung (Hedwigia Bd. 42.) 1903
16. **Krieger**, Ueber die Dauer der Sporogonentwickelung bei den
    Laubmoosen 1915
17. **Röll**, Thüringische Torfmoose und Laubmoose
    (Mitt. der Thür. bot. Ver., XXXII. Heft) 1915
18. **Goebel**, Organographie der Pflanzen, I. 1913
    „ „ „ II. . . . . 1915—18

Druck:
REY & BÖTTGER
Elberfeld


SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00608 7670